

コロンビア共和国  
ヘナヘンツラーホコタ間道路計画  
ファイナンシビリテイ調査報告書  
(第1巻要約と結論、現直訳)

昭和47年3月

国際協力事業団



コロンビア共和国  
ベナベンツラーボゴタ間道路計画  
フィージビリティ調査報告書  
(第1巻要約と結論・現道改良)

JICA LIBRARY



1030157103

昭和57年3月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 584.8.24	705
登録No. 113789	614 SDF

## 序 文

日本国政府は、コロンビア共和国政府の要請に基づき、ペナベンツラ－ボゴダ間道路計画調査を行うこととし、国際協力事業団が、その調査を実施した。

当事業団は、建設省の玉光弘明氏を委員長とする作業監理委員会および榊長大設計センター伊集院兼成氏を団長とする調査団を組織し1979年7月に調査団を現地に派遣した。

調査団はコロンビア共和国政府関係者との意見交換、資料収集および現地調査等を実施し、帰国後、入手した資料情報に基づき解析作業を行ない、本調査報告書を取りまとめた。

本報告書が、本プロジェクトの実現に寄与し、ひいては、コロンビア共和国、日本国両国の友好親善の増進により一層役立つならばこれにまさる喜びはない。

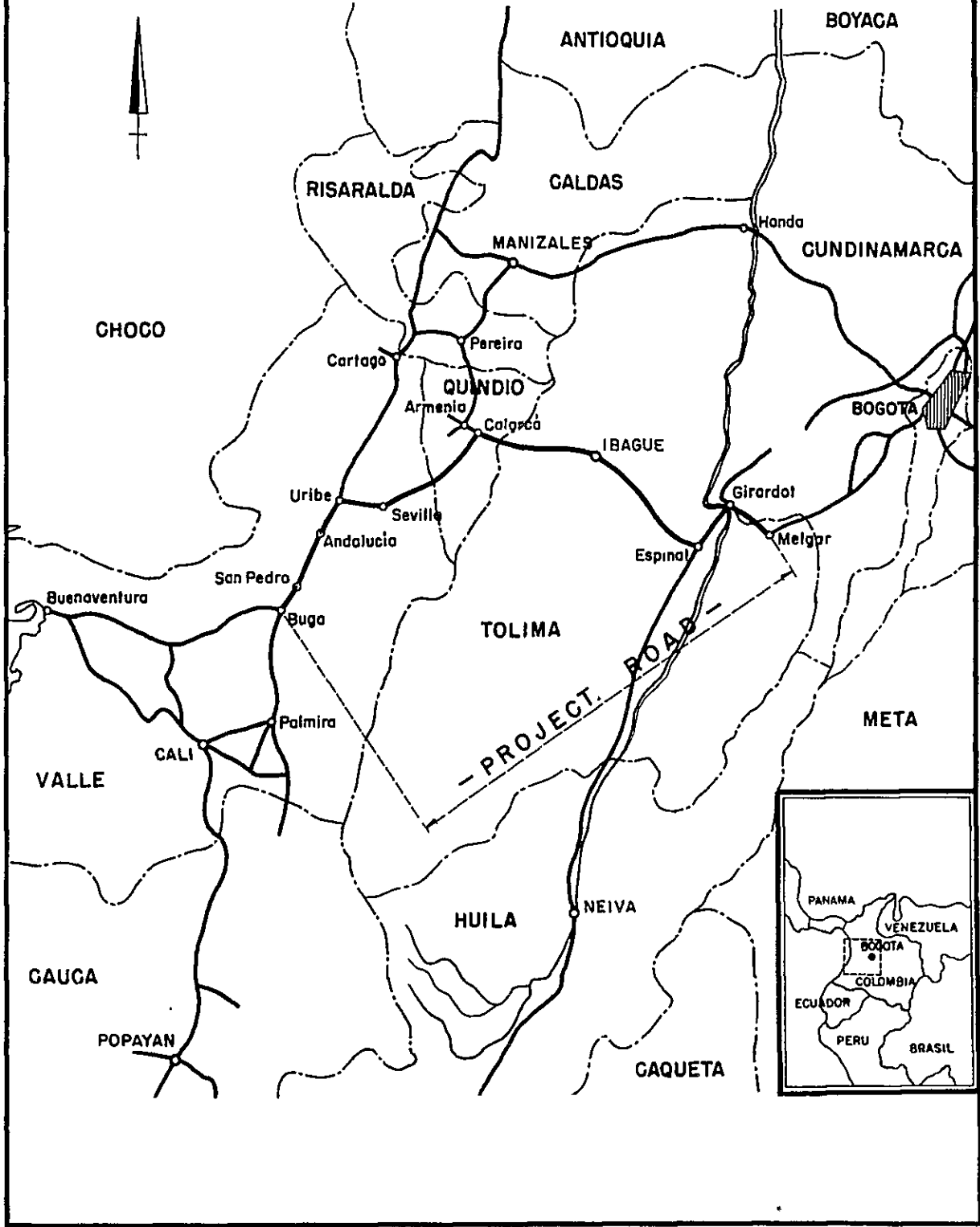
おわりに、本調査の実施に際し御協力いただいた関係各位に対し、厚く御礼申し上げる次第である。

1982年 3月

国際協力事業団  
総裁 有田 圭 輔



LOCATION MAP.









Perspective View of the Existing Road



## 要約と結論



# 要 約 と 結 論

## 1 調査の目的

この報告書は、コロンビア共和国の首都 Bogota と太平洋岸に面する同国最大の港 Buenaventura を東西に結ぶ道路の一部をなす Melgar - Buga 間の道路(延長約 310 Km)についての調査結果を示したものである。本プロジェクトの対象道路は Ibagué - Calarca 間においてアンデス中央山脈を横切っている。この区間では線型が非常に悪く、地すべり、落石、崩壊等が多く見られる。

本調査はこの Bogota - Buenaventura を結ぶ東西主要幹線の増大する交通需要に対処する方策を探るものであり、次の様な目的を設定した。

- (1) 対象地域の経済状態について現在から将来にわたっての解析を行なう。
- (2) 対象道路における交通現況を解析し、将来の需要を予測する。
- (3) 代替案を見出す。

この調査では現道改良、バイパス建設および新道建設が考慮された。

- (4) 代替案の工費を積算する。
- (5) 代替案の経済的可能性を評価する。
- (6) 航空写真より対象地域の山岳部の地図を作成する。

報告書は全体として5巻より構成されており、各々の内容は以下のとおりである。

- 第1巻；要約と結論および現道改良に関する報告書
- 第2巻；現道改良に関する資料篇
- 第3巻；現道改良に関する図面集
- 第4巻；新道建設に関する報告書と資料篇
- 第5巻；新道建設に関する図面集

## 2 調査の過程

### 2-1 原 計 画

調査実施前に Colombia 政府と日本政府との間で以下の Scope of Work ( S/W ) が交換された。

- (1) Bogota - Buenaventura 間の交通問題に対処するためには、中央山脈越えの道路の効率化がもっとも重要であり、その様な観点より、現道改良と新道建設について調査が実施されるべきである。
- (2) 新道建設についてのこれまでの検討結果より判断すれば、現道と同様の幾何構造あるいは線形では、新道建設によって走行費用や災害防止の点で便益をあまりもたらさないと思われる。したがって現在の交通状況を改良するためには、橋梁、トンネル等の構造物を数多く必要とする高規格の新道が必要になると思われ、建設費用としてはかなり高価なもの

- となろう。
- (3) 現道改良と新道建設について技術的に最適な案を作成し、経済評価を行なう。
  - (4) 中央山脈地域の航空地図の作成が必要である。
- 調査実施は1979年8月より開始され、1982年3月まで約3年間を要した。

## 2-2 調査の経過

第1年次は次の調査が実施された。

### 2-2-1 第1年次

- (1) 航空測量
- (2) 新道のルート踏査
- (3) 一般経済・技術調査

航空測量は山脈地帯での悪天候のため、成功せず、新道建設についての調査はほとんど進展しなかった。

1979年8月 Progress Report 1

1980年2月 Progress Report 2

### 2-2-2 第2年次

- (1) 航空測量
- (2) 現道の詳細な技術調査
- (3) 現道の交通調査

完全ではないが航空測量の成功と現道の詳細な技術調査の結果を得て、現道改良の方が高規格の新道を建設するより経済的に妥当性を有しているとの結論が導き出された。

1980年 8月 Progress Report on Traffic Analysis

Progress Report in Regional Development

1980年11月 Progress Report 3

1981年 3月 Interim Report

### 2-2-3 第3年次

第3年目には次の調査が行なわれた。

- (1) 航空測量（残余分について）
- (2) 新道建設の可能性の調査

航空測量は悪天候のため不成功であった。新道建設に関して、近い将来において現道の交通容量が不足すること、道路網の拡充、あるいは地域開発へのインパクト等の観点より見た場合、新道建設が必要になるので、当初の高規格の道路でなく、低規格の道路建設の

可能性についての検討がなされた。

1982年1月 Draft Final Report

### 3. 調査の方法

3-1 調査内容は次の項目を含んでいる。

- (1) コロンビアの経済
- (2) OD調査を含む交通現況分析
- (3) 2010年迄の交通量予測
- (4) 走行調査及び交通容量の分析
- (5) 対象道路の現況分析、この調査は道路幾何構造、舗装、土質、材料等の分析、橋梁、道路構造物の現状評価、地質状態の把握、空中写真撮影、その他の関連事項を含んでいる。
- (6) 地質、橋梁の補修を考慮した道路改良計画案の作成および地すべり対策案の検討
- (7) 新道建設に対する代替案の検討
- (8) 建設単価の分析および改良計画の各代替案に要する建設費用の算定
- (9) 新道建設案の建設費用の算定
- (10) 費用便益分析、走行費用分析等を含む経済評価

3-2 調査は種々の改良レベルを考慮し、これら各改良レベルによる交通安全性、走行費用への影響を推定し、各改良案の建設費を算定して、各々の経済的妥当性を検討した。

改良案としては主として次のようなものが提案され、これらは早急に実施する必要があると判断された。

- (1) 曲線部の拡巾や曲線半径の増大による平面線型の改良
- (2) 車両のすれ違いを可能にするための拡巾
- (3) 急勾配部分の減少
- (4) 必要箇所におけるカルバート、橋梁等の改良及び新設
- (5) 拡巾された曲線部の路肩の舗装
- (6) 排水施設の改良
- (7) 地すべり、崩壊、落石に対する対策工
- (8) 追い越し視距の改良

新道建設についてはルート代替案を3案検討し、最小建設費の代替案について経済評価を行なった。

### 4. 改良計画および新道建設代替案

改良計画の代替案として次の3つのレベルを考え、経済評価の対象とした。

(1) 小規模改良案

2台のトレーラトラックが路肩を利用して停車することなくすれ違える様に道路巾を拡巾し、最小曲線半径を25m以上にする案

(2) 中規模改良案

山間部の平面、縦断線型を改良する案及びショートカットにより、地すべり危険地域を避ける案

(3) 大規模改良案

現道の線型改良、低容量の橋梁および都市部の混雑を避ける目的でバイパスを建設する案

新道建設についてはルートについて次の3案を考えた。

(1) 北側ルート (Roncesvalles ルート)

本ルートは現道の Girardot と Espinal との中間点より始まり、El Corazon、Roncesvalles、Sta. Lucia 等の町を通過し、Bugá に至るものである。

延長は 256.8 Km

(2) 南ルート (Chaparral ルート)

本ルートは Castilla まで現 Bogota-Neiva 道路 (舗装道) を利用し、その地点より西側に走り、Chaparral、San Jose de las Hermosas の町を通過する。Sta. Lucia 近辺で北ルートと合流する。

延長 260.3 Km

(3) 北-南ルート

本ルートは Roncesvalles まで北ルートと同じであり、その地点より南へ分岐して San Jose de las Hermosas で南ルートに合流する。

延長 247.8 Km

## 5. 経済評価

(1) 小規模、中規模改良案

本調査では Ibagué - Calarca 間は 18 の区間に分けられた。各区間は各々経済評価のための 1, 2 の代替案を持っている。

これらの代替案に対して費用便益分析を行ない、その経済的妥当性から各区分ごとに最適案を選定した。最終的に選出された改良案は次頁の表に示す通りである。改良案の総経済コストは 1980 年価格で \$646 百万である。これらの選定された各区分の改良案だけを集めて、工事計画を立て、費用便益分析を行なうと次の様な結果が得られた。



Present Worth Cost	( i = 12 % )	\$ 462.1 million
Present Worth Benefit	( i = 12 % )	\$ 544.5 million
Present Worth B - C	( i = 12 % )	\$ 82.4 million
Benefit/Cost		1.78
I R R		14.1 %

斜面崩壊に対する対策工については、そのひん度や、規模についての過去の資料がないため、経済評価は行わず、その工事費を算定するにとどめた。

## (2) 大規模改良案

4個所のバイパス計画が検討されたが、経済分析の結果、GirardotおよびIbagueバイパスがフィージブルとされた。結果は以下のとおりである。

	Girardot Bypass	Ibague Bypass
Present Worth Cost ( i = 12 % )	\$ 583.8	\$ 312.7 million
Present Worth Benefit ( i = 12 % )	\$ 2,550.3	\$ 428.2 million
Present Worth B - C ( i = 12 % )	\$ 1,966.5	\$ 115.5 million
Benefit/Cost	4.37	1.37
I R R	39.0	16.5 %

## (3) 新道建設

Chaparralルートに対する経済評価結果は以下のごとくである。

Present Worth Cost ( i = 12 % )	\$ 4,697.2 million
Present Worth Benefit ( i = 12 % )	\$ 2,905.0 million
Present Worth B - C ( i = 12 % )	\$ -1,792.2 million
Benefit/Cost	0.62
I R R	7.9 %

上記の便益計算においては、開発便益、あるいは現道の斜面崩壊による閉鎖による便益は含まれていない。

また、建設コストについても、コロンビア政府のこの種の山岳道路の実績から判断して多少高目に積算されている可能性があり、これらを考えると、上記の数値(B/C又はIRR)は低目に示されていると思われる。

## 6. 結 論

調査はMelgarからBuga迄の延長310kmを対象として行なったが、経済的妥当性をもつ改良計画および勧告すべき斜面崩壊対策はIbague-Calarca間(延長79km)に集中している。これらの選定された改良計画及び斜面崩壊対策に要するプロジェクトコストは1980年価

格で各々 \$ 703 百万, \$ 780 百万と推定される。

Girardot - Espinal バイパスおよび Ibague バイパスの計画は道路延長としてそれぞれ 27.1 Km および 6.6 Km である。これらのバイパス計画に要するコストは 1980 年価格で \$ 1,326 百万と推定されている。

	Project Cost for Improvement	Project Cost for Preventive Work Against Failures	Project Cost for Bypass
外貨分	375.1 ( 53.3%)	390.3 ( 50.0%)	710.0 ( 56.1%)
内貨分	270.6 ( 38.5%)	348.7 ( 44.7%)	454.2 ( 35.9%)
税	57.7 ( 8.2%)	41.3 ( 5.3%)	101.4 ( 8.0%)
計	703.4 (100.0%)	780.3 (100.0%)	1,265.6 (100%)
用地費			60.6
合計	703.4	780.3	1326.2

新道建設の経済評価は 1984 年実施として検討した場合、十分な妥当性を示していないけれども、経済評価において考慮されていない次の様な要素を組み込むことになり、フィージブルになると思われる。

- (1) 現道は 2000 年時点以前に容量が一杯になる。新道建設には約 7 年間必要である。
- (2) 現道の他に東西を結ぶ幹線の必要性が認められる。現道の斜面崩壊等による不通は周辺地域に社会的、経済的に大きな影響を与える。
- (3) 新道建設によって沿道の地域開発が見込まれる。低開発地域の開発はコロンビア政府の一つの重要な政策であり、新道建設はこの目的にそったものである。

プロジェクト費用 (百万ペソ, 1980 年価格)

外貨分	4,258.4	( 53.2%)
内貨分	3,067.1	( 38.3%)
税	684.9	( 8.5%)
計	8,010.4	
用地費	372.1	
合計	8,382.5	

## 7. 提 言

### 7-1 斜面崩壊対策

斜面崩壊対策は Bogota - Buenaventura 間の交通を確保する上で極めて重要である。対

象道路では Ibague - Calarca 間だけでも斜面崩壊の可能性のある箇所は 500 箇所以上にものぼっている。しかし、過去の斜面崩壊についての記録がないため、今後予想される崩壊の規模やひん度を推定することは非常に困難である。したがって、より効果的な対策プログラムを作るために、今後は斜面崩壊についての記録を残しておくことを提言する。

#### 7-2 追い越し視距

対象道路には、現在追い越し視距が充分とれていないが、多額の支出なしに簡単に改良できる区間がかなり見られる。これらの区間は M O P T の日常の維持管理の範囲内で改良することを提言する。

#### 7-3 建設及び補修工事

一般に道路構造物や、舗装についての工事記録は建設時、補修時共に全く作成されていないか、作成されていても適切な管理がなされていない。これらは維持管理を行なう上で重要であり、今後工事記録を保存することを提言する。

#### 7-4 新道建設計画地域の開発計画

新道建設をフィージブルとするためには、プロジェクト地域の開発が重要であり、したがってこの地域のポテンシャルの調査とそれに合致した開発計画の策定が必要となる。

### 8 実施計画

#### 8-1 スケジュール

本プロジェクトの改良計画についてコロンビア政府の承認が得られ、資金調達の見通しが立てられた後、仕様書、入札書類等が準備される。続いて入札および工事契約がなされ、工事は 1985 年から実施される。これらのスケジュールは次図に示す通りである。

このスケジュールはコロンビア政府の意向によって、工事着工や工事完了を早めることも可能であり、検討の余地は残されていない。

たとえば Girardot バイパスの場合、工事開始時期を 1984 年、半ばより開始した場合、交通量との関係で便益はある程度減少することになるが、プロジェクト実施に対する妥当性はほとんど変化しない。

#### 8-2 工事順序

工事は、交通への障害を可能な限り、小さくなる様な方法で実施すべきであり、工事作業も対象道路の地形や巾員、カーブ等の問題点を充分考慮に入れて効率よく実施すべきである。

.

## ABBREVIATION

1. AASHTO : American Association of State Highway and Transportation Officials.
  - ACIC : Asociacion Colombiana de Ingenieros Constructores
  - Bogota D.E. : Bogota Departamento Especial
  - DANE : Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
  - HCM, H.C.M. : Highway Capacity Manual
  - IGAC : Instituto Geografico "Agustin Codazzi"
  - JICA : Japan International Cooperation Agency
  - MOPT, M.O.P.T. : Ministerio de Obras Publicas y Transporte.  
(Ministay of Public Works and Trasport)
  - NEI : Netherland Economic Institute
  - TRRL : Transport and Road Research Laboratory.
  - U.K. : United Kingdom
  - U.S.A. : United States of America.
- 
2. AADT : Annual Average Daily Traffic.
  - ADT : Average Daily Traffic.
  - ACPM : Diesel
  - B/C : Benefit / Cost
  - FC : Foreign Currency
  - GDP : Gross Domestic Product
  - GNP : Gross National Product
  - LC : Local Currency
  - OD, O-D : Origin and Destination
  - Tr.Mula, Tractomula : Semi Trailer
  - US\$ : United States Dollar
  - VOC : Vehicle Operating Cost
  - \$ : Colombian Pesos (\$49.00 = US\$1.00)
  - p.a. : Per Annum
- 
3. CBR : California Bearing Ratio
  - PC : Prestressed Concrete
  - RC : Reinforced Concrete

4.	G, g	:	Gram
	H	:	Height
	ha	:	Hectare
	L, l	:	Length
	lbs	:	pounds
	Lit	:	Liter
	K, Km	:	Kilometer
	Km/h, Kph	:	Kilometer per hour
	m	:	meter
	U	:	unit

# 目 次

第1章 序 論 .....	1
1-1 調査の目的 .....	1
1-2 調査の背景 .....	1
1-3 調査の経緯 .....	2
第2章 コロンビアの経済 .....	3
2-1 概 要 .....	3
2-2 プロジェクトの影響圏 .....	5
第3章 プロジェクト道路の交通現況 .....	15
3-1 Bogota-Buenaventura間道路の交通 .....	15
3-2 O D 調 査 .....	18
3-3 関連計画道路の影響 .....	24
3-4 現況交通のその他の特性 .....	28
第4章 将来交通量 .....	31
4-1 全体的傾向 .....	31
4-2 バ ス .....	31
4-3 トラック .....	31
4-4 交通量常時観測データ .....	31
4-5 交通量増加率の想定 .....	32
4-6 車種別伸び率の設定 .....	32
第5章 走行調査及び交通容量 .....	35
5-1 燃料消費調査 .....	35
5-2 走行速度調査 .....	48
5-3 交通容量の分析 .....	51
第6章 対象道路の現況 .....	59
6-1 概 説 .....	59
6-2 道路幾何構造 .....	59
6-3 舗 装 .....	67

6-4	橋梁及び構造物	78
6-5	調査地域の地質	86
6-6	地形図	99
6-7	道路付帯施設	99
第7章 道路改良計画		105
7-1	概説	105
7-2	道路改良	105
7-3	橋梁及び構造物の改良	121
7-4	調査地域の土木地質的検討	127
第8章 改良計画工事費		143
8-1	コスト算定の方法	143
8-2	建設工事数量	143
8-3	単価分析	143
8-4	用地取得費	145
8-5	プロジェクト道路の改良工事費	145
8-6	道路維持補修費	146
第9章 経済評価		161
9-1	基本原則	161
9-2	便益	165
9-3	改良工事費	172
9-4	B/C分析	172
9-5	大規模改良計画	173
9-6	結論	177



LIST OF TABLES

	<u>Page</u>
Table 2-1 Major Indexes of the Economy and the Transportation : 1971-79	8
Table 3-1 Observed Vehicle Composition . . . . .	18
Table 3-2 Classification of Automobiles . . . . .	19
Table 3-3 Classification of Trucks . . . . .	19
Table 3-4 Conversion Factors & AADT . . . . .	20
Table 3-5 Origin-Destination Table (1980) for Total Vehicles .	22
Table 3-6 Origin-Destination Table (1980) for Trucks . . . . .	23
Table 3-7 Estimated Composition of O-D Elements for the Section Armenia-Caicedonia in 1976 . . . . .	25
Table 3-8 Estimated Composition of O-D Elements for the Section Caicedonia-Sevilla in 1976 . . . . .	26
Table 3-9 Estimated Composition of O-D Elements for the Section Sevilla-Uribe in 1976 . . . . .	27
Table 3-10 Type of Cargo and Average Loaded Weight . . . . .	28
Table 3-11 Average Number of Passengers . . . . .	29
Table 3-12 Type of Fuel . . . . .	29
Table 4-1 Selected Indicators of Economy and Traffic, 1971-1979	33
Table 5-1 Characteristics of Road Sections . . . . .	36
Table 5-2 Characteristics of Tested Vehicles . . . . .	37
Table 5-3 Comparison of Fuel Consumption . . . . .	42
Table 5-4 Total Overtaking Distance in Meter . . . . .	50
Table 5-5 Average Speed in Km/hr on the Road between Ibagu�e-Calarca	51
Table 5-6 Road Sections . . . . .	53
Table 5-7 Road Capacity (Veh/day) . . . . .	54
Table 5-8 Total Frequency in the Existing Status . . . . .	57
Table 6-1 Geometric Design Criteria for Construction of New Roads	60
Table 6-2 Geometric Design Criteria for Existing Road Improvement	61
Table 6-3 Status of Geometric Structure of Existing Road . . . . .	63
Table 6-4 Soil Test Results . . . . .	72
Table 6-5 Estimated CBR of Subgrade . . . . .	73
Table 6-6 Quarry Sites of the Project Area . . . . .	74
Table 6-7 Rock Test Results . . . . .	76
Table 6-8 Present Pavement Situation along the Existing Road .	77
Table 6-9 Type & Number of Existing Bridges . . . . .	78
Table 6-10 Type & Number of Existing Road Structures . . . . .	80
Table 6-11 Existing Status of the Bridges . . . . .	84
Table 6-12 Number of Rain-days by Month in Ibagu�e . . . . .	88
Table 6-13 Number of Danger Spots, and the Extent of Damage . .	94
Table 6-14 Number of Locations Susceptible to Landslide . . . . .	94
Table 6-15 Major Landslide-Prone Places . . . . .	95
Table 6-16 Collapse on the Hillside (Rock Falls) . . . . .	96
Table 6-17 Collapse of the Shoulder and Road . . . . .	96
Table 6-18 Debris Flow . . . . .	97
Table 6-19 List of Topographical Maps available . . . . .	99

	<u>Page</u>
Table 7-1	Geometric Design Criteria of the Improvement Plans . . . 108
Table 7-2	Number of Curves for Minimum Scale Improvement Plans by Subsection . . . . . 111
Table 7-3	Pavement Thickness Applied for the Medium Scale Improvement Plan . . . . . 112
Table 7-4	Geometric Structure of Medium Scale Improvement Plan . . 115
Table 7-5	Length by Gradient of Large Scale Improvement Plan . . . 116
Table 7-6	Pavement Thickness Used for the Large Scale Improvement Plan (P-4) . . . . . 117
Table 7-7	Planned Major Bridges and Tunnels . . . . . 118
Table 7-8	Quantities of Materials Used in Ordinary Type Structure (Superstructure) . . . . . 124
Table 7-9	Quantities of Materials Used in Ordinary Type Structure (Substructure) . . . . . 125
Table 7-10	Quantities of Materials Used for Cast in Place Concrete Bridges . . . . . 126
Table 7-11	Choice of Erosion Control for Cuts and Slopes . . . . . 128
Table 7-12	Proposed Long Span Bridge Site . . . . . 130
Table 7-13	Proposed Tunnel Sites . . . . . 130
Table 7-14	Rock Mass Classification . . . . . 131
Table 7-15	List of Specific Landslides and Countermeasures . . . . . 136
Table 7-16	Preventive and Corrective Work Cost . . . . . 141
Table 7-17	Result of Comparative Cost Analysis . . . . . 142
Table 7-18	Preventive Work Cost . . . . . 142
Table 8-1	Unit Construction Cost . . . . . 147
Table 8-2	Hourly Cost of Construction Equipment . . . . . 150
Table 8-3	Hourly Wages . . . . . 152
Table 8-4	Cost of Main Materials . . . . . 153
Table 8-5-1	Improvement Plans Selected (Ibague-Calarca Section) . . . 155
Table 8-5-2	Girardot Bypass A1-B1 Route . . . . . 157
Table 8-5-3	Ibague Bypass A Route . . . . . 159
Table 8-6	Road Maintenance Cost . . . . . 146
Table 9-1	Improvement Plans and Traffic Volume: Melgar to Buga . . 163
Table 9-2	Improvement Plans by Sub-section: Ibague-Calarca . . . . 164
Table 9-3	Vehicle Operating Economic Cost . . . . . 167
Table 9-4	Sharp Turning Curves, Existing Status and Improvements . 168
Table 9-5	Savings in VOC by Selected Year by Sub-section and by Plan 171
Table 9-6	Recommended Improvement Plans ( Ibague-Calarca Section ). 175
Table 9-7	Implementation Program of the Selected Plans . . . . . 176

LIST OF FIGURES

		<u>Page</u>
Fig. 3-1	Traffic Volumes on the Road Bogota-Buenaventura . . .	16
Fig. 3-2	Traffic Pattern . . . . .	17
Fig. 5-1	Fuel Consumption (D-Dart) . . . . .	39
Fig. 5-2	Fuel Consumption (D-600 w. cargo) . . . . .	40
Fig. 5-3	Fuel Consumption (CNT-900) . . . . .	41
Fig. 5-4	Fuel Consumption by Operation Speed (D-Dart) . . . . .	44
Fig. 5-5	Fuel Consumption by Operation Speed(D-600 w. cargo). .	45
Fig. 5-6	Average Operating Speed and Optimum Speed (D-Dart) . .	46
Fig. 5-7	Average Operating Speed and Optimum Speed (D-600) . .	47
Fig. 5-8	Rate of Road Length Where Passing Sight Distance is Provided . . . . .	50
Fig. 5-9	Traffic Volume and Road Capacity . . . . .	55
Fig. 6-1	Typical Cross Section of Existing Road . . . . .	64
Fig. 6-2	Existing Status of Geometric Structure by Km between Ibague - Calarca . . . . .	66
Fig. 6-3	Survey Result of Passing Sight Distance . . . . .	68
Fig. 6-4	Isohyetal Map . . . . .	89
Fig. 6-5	Monthly Precipitation . . . . .	90
Fig. 6-6	Models of Failure . . . . .	93
Fig. 7-1	Typical Cross Section of Earth Work Segment . . . . .	106
Fig. 7-2	Typical Cross Section of Structures and Tunnels . . .	107
Fig. 7-3	Location of Improvement Plan (Ibague-Calarca) . . . .	110
Fig. 7-4	Selection of Slope Protection . . . . .	114
Fig. 7-5	Schematic Model of Ibague Bypass . . . . .	127
Fig. 7-6	Km71.900-72.700 Velocity Profile along the Seismic Refraction Survey Line . . . . .	132
Fig. 7-7	Km76.100-77.100 Probable Geologic Section of the Tunnel . . . . .	132
Fig. 7-8	Probable Geologic Section of Coello Bypass Tunnel . .	132
Fig. 7-9	Probable Geologic Section of La Linea Tunnel . . . . .	132
Fig. 7-10	Plan of Drainage Well . . . . .	134
Fig. 7-11	Section Showing Horizontal Drilling . . . . .	134
Fig. 7-12	Surface Drain System . . . . .	134
Fig. 7-13	Excavation . . . . .	135
Fig. 7-14	A Retaining Wall for Counterweight Fills . . . . .	135
Fig. 7-15	File Work . . . . .	135
Fig. 8-1	Implementation Schedule : Feasible Plans . . . . .	156
Fig. 8-2	Girardot Bypass Implementation Schedule . . . . .	158
Fig. 8-3	Ibague Bypass Implementation Schedule . . . . .	160

LIST OF PHOTOGRAPHS

		<u>Page</u>
Photo. 2-1	Colombian National Railway	13
Photo. 2-2	Project Road Perspective (Existing Road)	13
Photo. 5-1	Traffic Condition of Project Road	58
Photo. 5-2	Traffic Accident at Sharp Curve	58
Photo. 6-1	The Site in Danger of Rock Fall	101
Photo. 6-2	The Site in Danger of Landslide	101
Photo. 6-3	The Site in Danger of Debris Flow	102
Photo. 6-4	The Site of Landslide which took one day for Road Reopening	102
Photo. 6-5	Prestressed Concrete Bridge over Rio Combeima	103
Photo. 6-6	Steel Truss Bridge over Rio Sumapaz	103
Photo. 6-7	Concrete T-Beam Bridge at Q. Gamboa	104
Photo. 6-8	Concrete Half Bridge at Km.110	104

# 第1章 序 論



# 第1章 序 論

## 1-1 調査の目的

この調査はコロンビア政府から日本政府に要請された Bogota ~ Buenaventura 間の道路の改良計画の調査を技術協力のベースで実施したものであって、調査の対象区間は、上記道路の内 Melgar - Buga間の約 310 Kmである。この道路はコロンビア国内を東西に結ぶ重要幹線道路であるにもかかわらず、地形的、地質的に厳しい中央山脈を通過しているため、近代道路としての十分な機能を保っていない。このためコロンビア政府は Bogota ~ Buenaventura 間の道路の常時通行の確保と走行性及び交通容量の向上を効率的に達成させるため現道を改良する計画を立て、又別途に新道を建設する計画を考慮して来た。

調査は現道改良計画と新道建設計画とを個別に取り扱うことにした。本巻は現道改良計画についての調査結果をまとめたものであり、新道建設計画については第4巻にまとめられる。

## 1-2 調査の背景

コロンビアの国内輸送は道路に大きく依存しているが、国内の道路網は同国を南北に走る三つの山脈に沿って発達している。この内東西方向の道路は地形的制約を受けてきわめて貧弱である。首都 Bogota は内陸都市で人口約 400 万人を擁しコロンビアの政治、経済、文化の中心であり、又 Buenaventura は太平洋に面する同国最大の港湾であり輸出入貨物全体の約 50% を取り扱っている。この二つの都市を結ぶ Bogota ~ Buenaventura 道路は Espinal, Ibague, Calarca, Buga 等の主要地方都市を結ぶ重要幹線道路である。しかるにこの道路は Ibague ~ Calarca 間で標高 3000 m を越す中央山脈を通過しなければならず、急峻な地形に起因する道路線形の貧しさと地質の問題を抱えている。又、鉄道においてもこの山脈によってはばまれ東西の麓で分断されている。このため道路による輸送路の確保は特に重要である。これはコロンビア政府が行なったあらゆる輸送モードの全国的な調査の結果から見ても明らかである。この様に唯一の陸上輸送の重要幹線でありながら中央山脈越えの区間は厳しい地形的条件から近代道路としての機能を十分に有しているとは言えない個所が数多く、道路状態は現在コロンビア政府の手によってリハビリテーションが行なわれている路面を除いて十分なものであるとは言えない。さらにこの地域は火山性地質の地帯で、過去において無理に建設された道路が自然のバランスを崩し、このため、地すべり、法面崩壊、落石等の災害がしばしば発生している。

コロンビア政府は Bogota ~ Buenaventura 間の輸送問題について 15 年前から取り組み 1977 年末にプレフィジビリティ調査を実施した。その結果、中央山脈越えの区間の輸送力の増強は道路整備の方が投資効果が大きくかつプライオリティが高いとの結論が出された。

このため、コロンビア政府は道路の改良計画と新道計画について経済計画調査の実施を計画し、その実施を日本政府に要請したものである。

### 1-3 調査の経緯

1977年10月に日本・コロンビア両国政府間に技術協力協定が締結されたのを契機にコロンビア政府はBogota～Buenaventura間の道路計画調査の実施を日本政府に要請した。この要請に応じて日本政府は技術協力の一環として調査の実施を決定し、日本の海外技術協力の実施機関である国際協力事業団（JICA）がその実施を担当することになった。JICAは1972年2月に事前調査団をコロンビア共和国に派遣してScope of Work（S/W）を結び調査内容を確認した。

調査は1979年7月から開始され、1980年11月まで四度にわたってコロンビア共和国におもむき、それぞれの専門分野において行なわれた。

実施された調査の内容と結果は第2章以下にまとめられている。



## 第2章 コロンビアの経済



## 第2章 コロンビアの経済

### 2-1 概 要

#### 2-1-1 戦後の経済

コロンビアの経済発展の歴史を1950年からみると3期に分けられる。つまり1950-66年にかけて輸入代替産業が発展した時期、1967-75年にかけて新しい生産物輸出が出現しかつ成長の大きかった時期、そして1975年以降の緊縮金融政策とインフレ対応にせまれている時期である。

1950年から66年にかけてコロンビア経済はコーヒー国際価格の変動、そして国内政情と社会情勢の不安定に悩まされた。第2次世界大戦以降の経済発展において輸入代替産業の大部分は立地したものの、それ以外の部門の発展はあまりみられなかった。コーヒー価格の変動は金融部門の混乱や外貨不足をもたらし、経済成長を阻害した。こういう情勢下で政府は国民経済の運営に於いて計画性と規制を強めて来た。

1967年以降政府は積極性の強い刺激経済政策をとり入れた、その中には外貨交換比率の弾力的な変更とコーヒー以外の生産物輸出推進政策をも含んでいた。又工業発展に必要な社会基盤の拡充を行った。その結果コーヒー以外の生産物輸出が大きくなり、輸出額の中でコーヒーの占める割合は1967年の60%が74年の45%に縮少した。GDPは年率6.6%で1967年より74年にかけて増加し、その間1人当りGDPは同じ期間を年率4%弱で伸びた。

#### 2-1-2 近年の経済動向

1978年に対前年比8.9%を記録する等、大きな成長を記録したコロンビア経済は1975年には対前年比3.8%増に止まった。(1970年代のコロンビアGDPの推移はAnnex Table 2-1を参照)その後は政府の緊縮金融政策のもとでも76年に4.6%、77年に4.9%、そして78年には20年間の最高の8.9%に到達した。(79年の実質成長率は5.1%に下ると予想されている。)これ等の高い成長率の多くは高いコーヒー価格とそれ等の結果得られるより大きな所得水準にもとづくものであり、これ等は更に国内需要を強めることとなった。国内消費の増加に併せて工業やサービス部門はその生産高を増大したものの、それ以上の大きい需要が既存のインフレーションに拍車をかけることになった。

Annex Table 2-2にみれるGDPの構成の推移は農業部門のGDP構成割合が1970年の25.3%より1978年の23.1%へと小さくなったことを示している。1978年の農業に次ぐ大きなセクター、つまり製造業は20.6%であって、まだ農業を越えるに至っていなかった。

鉱業のGDP寄与率は小さいがその未開拓資源があるため長期的には大きな効果を与えるものと期待されている。しかし過去10年間においては恒常価格ではマイナスの成長を示し、これは近年の原油生産の減少によるものとされている。

政府はエネルギー問題の重要性にかんがみ、その豊富な存在の知られている石炭の開発や水力発電の開発のみでなく、外資導入による石油資源の開発にも努力中である。

サービス部門は商業、運輸、個人サービス、公共サービスを含むが1970年の48.6%より1978年の52.1%へとその構成割合を増大させた。この時期におけるサービス部門のGDPに占める割合の増大はその国内生産規模を大きく拡大した。

Annex Table 2-3 に示される総需要と総供給の傾向は1970年から78年にかけて確実に伸びている。総供給における輸入の割合はその間11%から14.4%に伸び、輸出は総需要の中で9.8%から12.5%に伸びている。

国内生産の量的な規模の変化が部門別にAnnex Table 2-4に示される。1970年より78年への部門別増加割合は44.2%~74.1%の間であったが例外は鉱業と建設業であった。鉱業はこの8年間に13%の減少を示し、建設業は14.3%の増加に止まった。しかし、建物や構造物の増加は14.3%以上の大きな値を示すべきだと強く感じられる。

これ等の傾向は経済がその構成を急激な変化でなく徐々に変えつつ着実に成長していることを示している。小さな部門では急成長や縮少がみられたかも知れない、しかしこれ等の変動は全体的な発展の傾向に大きな影響を与えるほどのものではなかった。

### 2-1-3 交通部門

Table 2-1はコロンビアの交通部門、GNP及び人口の統計値を要約したものである。交通部門での傾向は次のようになる。自動車の燃料消費については1975年より79年にかけてガソリンが年平均4.9%で、ACPM(ディーゼル油)が同じく年平均4.7%ずつ増加した。その間登録自動車台数は1971年より78年にかけて年率7.1%の割合で増加した。これ等よりコロンビア全体で自動車交通が年平均5~6%で増えたものと考えられる。

鉄道旅客は1970年代中頃まで増えたがそれ以降は減少している。鉄道の旅客扱いは現在ではわずかなものとなってしまった。鉄道での貨物扱量は1971年より79年にかけて若干減少している。プロジェクト地域でも傾向は同じであった。しかし鉄道列車の動きは少なく道路輸送に対して重要な競争力を持っていない。鉄道サービスは特定のかさばる貨物の輸送を今まで同様に続けるであろう。プロジェクト地域での鉄道新線建設はないようにみうけられる。

コロンビア諸港での国際貨物の扱い量は1971年より79年までは年平均7.2%の割合で増加した。この高い増加率は貿易自由化政策と1978年以後の経済の拡大によるところが大きい。これ等の輸出入量のうち約50%がBuenaventuraで取扱われた。

民間航空の輸送量はGDPよりもはるかに大きな伸びを記録した。国際線での旅客は同じ期間に年平均12.3%の割合で、国内旅客は年平均8.4%の割合で増加した。プロジェクト地域ではCali空港が最大で、ここでは殆んどが国内線だが年平均11.5%で増加していた。

## 2-2 プロジェクトの影響圏

Bogota - Buenaventura 道路は首都でありかつ3大工業圏の一つである Bogotaより Tolima 州の Ibague, Quindio 州の Calarca, Valle 州の Buga を通り, コロンビア最大の国際港 Buenaventura に至っている。Cali は Valle 州の州都で Buga の南 70 Km にあり Bogota, Medellin と共に三大工業圏の一つとなっている。

当プロジェクトは上記幹線道路の一部である。その交通量は道路沿いの直接影響圏の社会・経済活動を反映するのみでなく, この国の他の地域のそれ等を反映している。道路網, 都市圏, 経済活動の立地と統計データの制約を考慮してプロジェクト影響圏を Tolima, Quindio Valle の三州に決定した。

### 2-2-1 人口

プロジェクト地域の人口は Bogota 地区, 及び全国の人口と共に 1971 年より 79 年にかけて Table 2-1 にまとめられている。このデータによると 3 州の人口は年平均 2.7% ずつ伸び, その間に都会では一層の人口集中が続き, より大きな伸びを示している。

つまりその間 Cali では年平均 5.6%, Ibague は 5.2%, Armenia は 2.6% の伸びであった。

Annex Table 2-5 と 2-6 は 1973 年より 87 年にかけての州都の人口と 75 年より 90 年にかけての州人口の統計局予測値が掲げられている。各州都における人口の伸びは 70 年代よりも 80 年代が小さくなるよう見込まれている。1975 年より 99 年にかけての各州及び各州都は各々一定の増加率で人口が増えると想定している。

コロンビア公共事業省は全国交通計画, 資料篇 1, Table 13 (1979 年 11 月, Bogota) に独自の人口予想値を掲げている。これは 80 年代よりも 90 年代に一層小さな増加率を適用している。統計局予測値との差はあるがプロジェクトの調査では人口の全般的な傾向の把握にあり, 将来値の詳細な決定ではないからこの差は無視出来る位小さいものである。

当調査においても上記傾向は確められた。何故ならこれ等の州で実施されるべき開発計画は規模が小さく, 人口の分布に大きな変化をもたらすことはないだろう。又人口の急激な増加, 減少, 移動をともなう経済構造の変化も将来にはないだろうとみられる。

### 2-2-2 地域総生産

1965 年より 75 年にかけて, 上記 3 州での総生産額 (RGP) は年平均 5.3% で増加し, その間共和国の GNP は年平均 6.1% で増加した。地域総生産の中で大きな伸びを示した部門は次のようになる: 商業・サービス部門が年平均 5.4% で, 交通を含む公共サービスが 6.3% で, そして製造業が 6.0% ずつであった。

農業は年平均 4.2% で伸び鉱業は 0.9% の減少率を示した。Annex Table 2-7 によれば 1975 年には Valle 州の GRP の 29.5% を製造業が, 21.6% を農業が占め, Tolima 州では 4.8% を製造業が, 49.3% を農業が占め, Quindio 州では製造業が 12.6%, 農業が 32.3% となっていた。1975 年以降のデータはないが, 経済がそれ以後急激に変化したとは考えら

れない。国全体のGNPが75-79年に5.8%平均で成長しているので、これよりやや少なめのRGPの成長率を保持したものとみられよう。

### 2-2-3 農業（農業・牧畜・林業等）

農業部門が地域総生産（GRP）に占める割合はAnnex Table 2-7に示すように1975年から79年にかけて減少している。この値は他の部門より小さな割合で生産額が増加したことを意味している。Annex Table 2-8は1970年価格での農業全部門の生産額が1965-74年について示される。Quindio州ではこの期間生産額はほぼ同一水準を保っていたがTolima州とValle州は共に55%ほど増加している。漁業および林業の生産額は小さく合計でも3%以下になっている。

Annex Table 2-9は1965年、70年、74年の3州での主農産物の耕地面積が掲げられている。Quindio州ではコーヒー畑が耕地の70%に達している。Valle州ではコーヒー、砂糖きび、とうもろこし、大豆、綿を主に、Tolima州ではコーヒー、米、こうりゃん、綿、大麦が生産物になっている。輪作を必要とする畑作物はその植付面積が年々大きく変っている。

特にValle州では近年砂糖キビ畑の面積が国際価格の好転につれて増えている。しかし国際市場での価格変動が激しいので農業部門、特に砂糖キビ生産者が価格の急落で甚大な影響を受けるおそれがある。この地域での農業開発計画に参与している人々は農業部門が砂糖キビ栽培に深く依存しない方がよいと考えている。

Annex Table 2-9では耕地面積が1965年より74年にかけて、Tolima州とValle州で10%、Quindio州で21%ほど増加していることがわかる。他の資料は別の面積増加率や総面積を示しているが、コーヒーを含んで面積の増加は大きくなかったとみられよう。

たとえばTolima州開発協会はAnnex Table 2-10Aのような情報を提供した。この資料によると耕地面積は1960年に386,000ヘクタールで1979年には403,000ヘクタールと僅かに4.4%の増加を示したに止まった。しかし生産トン数は524,000トンより1,107,000トンへと113%の増加を示した。Valle州の場合はAnnex Table 2-10, Bに示すように主たる作物の耕地面積は1970年420,000ヘクタールが77年に411,000ヘクタールとなり2.1%ほど減少した。しかし総生産量は5,888,000トンより6,960,000トンへと18.2%の増加を示している。Quindio州においても、統計資料はないものの情勢は同じかと推察される。

コーヒー生産に於いて、伝統的なアラビタイプが徐々にカトゥラタイプに植えかえられている。後者は前者よりも面積当りの生産量がずっと大きい。この転換が3州でのコーヒー生産量を年々増加させるであろう。

放牧地の面積の変化についての情報は得られなかった。しかしと殺頭数の変化を1970年より78年にわたってまとめるとAnnex Table 2-11のようになる。もし一頭当り必要とする牧草地に変化がなければ、放牧地の変化はト殺頭数の変化より推定出来る。Annex Table 2-11の数値はこれら3州のト殺頭数がほぼ同じ水準を保っていることを示しているので、放牧地の面積もこの間概ね同じだったと考えられよう。

これ等の考察とプロジェクト地域の視察，州関係者への訪問より結論すると当地域には耕作，放牧に適した土地は概ね開拓されており，未開の土地は地質，地形，気候等で不利な条件を持っているがため残されていることになる。Valle州の場合太平洋岸と Cauca 川の間丘陵地・山地には未開地が残されているが，それに対して適した作物の種類や開発の方法の研究が目下行われている状況である。

森林地域の保護，拡大が一部において自然環境保持のために必要であるという主張が目下に値する。しかし森林の拡大は今のところ僅かなものである。

#### 2-2-4 製造業

1974年の製造業部門の生産では Tolima 州と Quindio 州で10%を占め，残りの90%をValle州で占めている。Annex Table 2-1と2-13に示されるようにいくつかの分野，例えば Tolima 州の紡績・ゴム・化学や Quindio 州の皮革，輸送機はその生産額が減少している。一方生産合計額は9年間を年平均6.4%で増加したようである。これ等の生産減少の理由の一つはこれ等の分野が Bogota や Cali に立地したときに比べて不利となるからである。

このプロジェクト地域の製造業が全国のそれに対しての構成パーセントは1965年の21%より74年の19.8%へと減少した。この相対的な停滞の理由は地域開発問題にたざさわっている人々より次のように指摘されている。

- (1) Bogota 都市圏の急成長に伴い，この都市圏内の立地した企業は国内の他地域に立地している企業よりも有利な立場を得られた。何故ならば最大のマーケットに近いという条件によってである。相対的な立地条件の変化が当プロジェクト地域での製造業の成長に不利に働いて来た。この変化が生産・投資の低成長をもたらし，国の内外を通じて代りのマーケットを見出すことの困難さをもたらした。
- (2) 奨励政策や信用供与の拡大提供が不十分であった。
- (3) 土地利用区分と規制の不十分さ，企業が Cali に集中しすぎたこと。
- (4) コーヒー輸出に伴う収入が生産地に十分に再投資されずに，全国的に分散されたこと。
- (5) 労使紛争，有資格人的資源の不足等社会問題の存在。
- (6) 企業に対する過大な課税。
- (7) 商業，不動産業等，製造業以上に高利潤を上げる部門があり，資本がそれ等に流れたこと。
- (8) 保守的な経済活動が支配的であったこと。

これ等に対する改良はみられたが一部は依然そのままである。近年いくつかの工業開発計画が県当局や商工会議所によって立てられたり調査されている。これ等の開発計画のいくつかは次のようになる。

- (1) 新工場の立地奨励，特に農産物，穀類，家畜類，コーヒー等の精製工程。
- (2) 砂糖キビより燃料生産のための実験工場の立地調査。立地は Quindio 州に1ヶ所，Valle 州に3ヶ所目下提案されている。

Table 2-1 Major Indices of the Economy and the Transportation: 1971-79.

	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	79/71(p.a.) %	75/71(p.a.) %	79/75(p.a.) %
<b>1. Population ('000)</b>												
Total in Colombia	21347.8	21941.5	22551.8	23179.1	23823.8	24486.4	25167.5	25867.5	26587.0	1.245(2.8)	1.116(2.8)	1.116(2.8)
Bogota, D.E.	2552.3	2699.4	2855.1	3019.7	3234.0	3427.1	3632.0	3849.3	4079.8	1.598(6.0)	1.267(6.1)	1.262(6.0)
Tolima Dpto.	930.1	942.9	956.7	969.3	985.4	1000.7	1016.6	1032.9	1049.8	1.129(1.5)	1.060(1.5)	1.060(1.6)
Ibaque Municip.	195.1	199.8	205.0	211.0	219.0	226.0	235.0	244.0	252.0	1.295(5.2)	1.225(5.1)	1.232(5.1)
Quindio Dpto.	330.1	333.5	337.2	340.7	344.5	348.3	352.0	356.1	360.1	1.091(1.1)	1.044(1.1)	1.045(1.1)
Armenia Municip.	143.9	144.9	146.0	147.0	148.0	149.0	150.0	151.0	152.0	1.230(2.6)	1.154(3.6)	1.066(1.6)
Valle Dpto.	2204.0	2277.0	2353.0	2433.0	2518.5	2606.1	2697.1	2791.7	2890.0	1.311(3.4)	1.143(3.4)	1.148(3.5)
Cali Municip.	852.7	867.3	923.0	1038.0	1081.0	1142.0	1197.0	1255.0	1316.0	1.543(5.6)	1.268(6.1)	1.217(5.0)
<b>2. GDP (million in 1970 prices)</b>												
Total in Colombia	137.889	148.630	159.195	168.787	175.226	183.296	192.187	209.236	219.885	1.595(6.0)	1.271(6.2)	1.255(5.8)
Per capita National Income (in 1970 prices)												
peasos/person	5273	5638	5973	6986	6157	6462	6883	7127	7355	1.395(4.2)	1.168(3.9)	1.195(4.5)
<b>3. Regional Gross Product (1970 prices of million)</b>												
Tolima	5713	6032	6369	6725	7103	-	-	-	-	-	1.243(5.6)	-
Quindio	1623	1684	1747	1813	1880	-	-	-	-	-	1.158(3.7)	-
Valle	17064	18003	19049	19724	19270	19732	19382	-	-	1.136(2.1)	1.129(3.1)	1.006(0.3)
<b>4. Fuel Consumption</b>												
Total necessary crude oil (million barrels of crude oil)												
Gasoline consumption ('000 gallons) in transport sector	722,220	761,668	814,434	848,500	893,298	916,272	988,554	1053,318	1080,324	1.496(5.2)	1.237(5.4)	1.209(4.9)
Diesel (ACFM) Consumption ('000 gallons) in transport sector	-	-	301,644	324,660	327,684	338,688	362,838	-	-	-	-	1.202(4.7)
<b>5. Registered vehicles.</b>												
Small Vehicles	-	-	385,819	416,475	447,069	478,630	504,329	551,711	-	1.430(7.4)	1.159(7.7)	1.234(7.3)
Buses & Busetas	-	-	58,474	39,865	42,047	44,822	46,329	48,905	-	1.271(4.9)	1.093(4.5)	1.163(5.2)
Trucks	-	-	62,294	65,930	70,097	74,307	77,577	84,960	-	1.364(6.4)	1.125(6.0)	1.212(6.6)
Total	-	-	486,587	522,268	559,213	597,859	628,235	685,576	-	1.409(7.1)	1.149(7.2)	1.226(7.0)
<b>6. Passengers on the Railway ('000 persons)</b>												
	2269	3085	3143	3586	4218	4038	2968	2568	2456	1.082(1.0)	1.859(16.8)	0.582(-14.5)
<b>7. Cargo on the Railway ('000 tons).</b>												
	2653	2731	2760	2899	2439	2411	2519	2682	2394	0.902(-1.3)	0.919(-2.1)	0.826(-3.9)
<b>8. International Marine Transport ('000 tons).</b>												
Arrival	1,788.6	1,525.3	2,033.8	2,130.4	1,566.0	1,718.1	2,799.5	2,618.4	3,206.3	1.793(7.6)	0.876(-2.7)	2.047(19.6)
Departure	920.3	1,126.4	1,034.5	1,015.4	1,297.8	977.8	700.7	1,189.2	1,503.8	1.634(6.3)	1.410(7.1)	1.159(3.8)
Total	2,708.9	2,651.7	3,068.3	3,145.8	2,863.8	2,695.9	3,500.2	3,807.6	4,710.1	1.739(7.2)	1.057(1.1)	1.634(13.3)



9. Civil Aviation

International passengers ('000 persons)												
Arrival & Dep.	520.5	595.4	684.8	814.9	890.9	965.7	1,014.1	1,139.9	1,317.4	2,531(12.3)	1,712(14.4)	1,479(10.3)
International cargo ('000 tons)												
Arrival & Dep.	24.5	28.0	30.7	45.8	48.2	50.8	71.2	92.9	97.6	3,984(18.9)	1,967(18.4)	2,025(19.3)
Domestic Passengers ('000 persons)												
Departure	2,689.7	2,905.5	2,898.1	3,086.8	3,392.7	4,033.1	4,249.8	4,924.7	5,116.0	1,902(8.4)	1,261(6.0)	1,508(10.8)
Domestic Cargo ('000 tons)												
Departure	87.8	83.7	81.7	87.8	83.0	84.7	75.4	-	-	0.859(-2.6)	0.945(-1.4)	0.908(4.9)

Sources

1. DANE, Banco de Datos.
2. Banco de la Republica, Division de Cuentas Nacionales.
3. DANE, Anuario Estadístico del Valle del Cauca 1978 y Anuario Estadístico de Caldas, Quindío y Risaralda 1976, y FONADE INAMDES, El Desarrollo Económico Departamental, 1960-75 (Bogotá 1977).
4. Ministerio de Minas y Energía, Oficina de Planeación.
5. INIRA, Oficina de Planeación, Parque Automotor en Colombia, 1978
6. Ferrocarriles Nacionales, Unidad de Planeación
7. Colpuertos. Boletín Técnico Estadístico No.13.
8. Departamento Administrativo de Aeronáutica Civil, Grupo Estadística.

Note : 1) The average annual growth rate is calculated by the formula of  $F = (1+I)^N$ . The "I" is shown in percentage in the table.

(3) 苛性ソーダー・重炭酸ソーダー工場と製紙工場の立地調査。

いずれも Buga - Tulua 地区立地を対象に行なわれ、又別に大豆や綿実よりの含用油の抽出工場の立地調査が Cartago - Zarzal 地区にて行なわれた。

(4) Yumbo と Buenaventura の自由工業地区の拡大、さらに新しい工業地区を Calarca, Yumbo, Chaparral, Espinal, Purificacion に設立する計画がある。このうち Tolima 州と Quindio 州に設けられるものは次のようになる。

a) Tolima 州開発協会は Plan de Desarrollo Agroindustrial de Tolima (Tolima 州の農業関連工業の開発計画)をまもなく完成させる予定である。ここで農業関連工業地区を Chaparral, Espinal, Purificacion に設立すべく提案されよう。これ等地区に農産物加工の工場誘致が計画されている。しかし、具体的な建設計画決定にはまだ 2 ~ 3 年はかかりそうである。

b) Quindio 州においては州当局及び民間企業を代表する商工会議所が Calarca に工業地区を開発しようとしている。この地区(団地)は Calarca 市街の南端にあり、当該プロジェクト道路に面している。第 1 段階では 84,000 m<sup>2</sup>をインフラの整備と共に 1982 年未までに完成させると予定しており建設工事が 80 年内に始まる予定である。

現在、Armenta, Calarca にある 24 企業が移転し、新規に 7 工場が進出の予定である。Quindio 工業団地会社がより多くの工場誘致を運動中である。最終段階では 500,000 m<sup>2</sup>まで拡大可能といわれている。この工場地区は当該プロジェクト道路沿いで確かめられた唯一の開発プロジェクトである。しかし立地企業の 80%は Armenia, Calarca 都市圏よりの移転であるから、多くの開発交通量を発生させるとは考えられない。

(5) Cali に株式取引市場の設立。

(6) いくつかの金融機関を通しての貸出しと信用供与の拡大。

製造業の安定した拡大が切に望まれている。何故なら地方よりの流入人口や都市居住者への就職機会を提供するからである。行政当局及び民間企業による共同の発展努力が望まれる。ただ仮に諸計画が予定通り実現しても当該プロジェクト道路の交通量増加傾向に与える影響の推定は現段階ではむづかしい。当地域の経済活動の中ではこれ等計画は小規模なので、次の第 4 章で予測される将来交通量に多くの附加的な増分をもたらすとは考えられない。

#### 2-2-5 プロジェクト道路影響圏の交通サービス

当影響圏の他の輸送システムは主たる都市をつなぐネットワーク上で行われている。これ等の統計値は Annex Table 2-14 に示される。航空旅客はその輸送量を、特に大きな空港で急速に伸ばしている。一方鉄道は 1970 年後半に特に輸送量を減少させている。その減少は貨物よりも旅客の方が大きかった。Buenaventura 港での輸出入貨物量は 1970 年代後半になって伸び率が大きくなった。

これ等の推移は当プロジェクト道路の交通が着実に増加していた同じ時期にみられたことを注意したい。道路交通量の推移は公共企業省の一般観測データにより知ることが出来る。これ等交通手段での需給の変化は道路交通量に急激な変化をもたらすことはなかった。そしてこの傾向は将来も続くと考えられる。

道路計画以外の交通部門でのこの地方でのプロジェクトは次のように確められた。1981年4月までのコロンビア諸港のコンテナ化を含む改良計画の調査、この中には Buenaventura 港も含まれる。1981年前半までの太平洋岸及び関連河川交通の開発計画調査。1985年に終了予定の Buenaventura 市改造工事、この中には街路改修工事も含まれる。さらに Cali 市と Buenaventura 市に運転手休息所を含んだトラックターミナルの建設計画調査である。これ等のプロジェクトはこの地域の交通需要の増大に対応するものだが、当プロジェクト道路の交通量の伸びを変えるほどの強い影響力はないだろうと考える。

以下 Annex Table 2-14 のデータについての考察である。航空サービスは1970年代に大きく伸びた。Bogota 及び Cali では国内・国外旅客合計では71年より79年にかけてそれぞれ年平均11%と14%づつの増加を示した。両空港での貨物扱い量は国際線が国内線よりも大きく又かなり大きな増加率を示した。

Bogota ~ Cali 間の航空旅客は1971年より79年にかけて年平均8.2%で増加したが、Bogota ~ Armenia 間は同期間に4.8%であった。Bogota ~ Ibagué 間はより少ない旅客を輸送し、現在は小型機の1日1往復がサービスされているだけである。短距離線での貨物サービスは小量であった。

(2) Buenaventura 港の貨物流動は1970年代後半に貿易の自由化と経済成長に起因して大きく増加した。71年より79年にかけての国際貨物量は年平均8.6%で増加したし、同港の通過量は全国合計の50%程度を保持していた。港湾局 (COLPUERTOS) の統計データによると主たる輸出品はコーヒー、砂糖であり、主たる輸入品は小麦、燃料、鉄材、紙であった。

(3) セントラル地方鉄道線の旅客は1970年代特にその後半に減少した。Ibagué 駅は旅客の扱いを1972年にとりやめた。現在 Neiva ~ Espinal ~ Girardot 部分で僅かな旅客サービスが行われているだけである。例えば1979年1日当りの Girardot 駅の乗降客数は45人であった。太平洋地方鉄道線の旅客は1970年代前半に車輛の投入もあって増加した。しかしその後減少に転じている。現在旅客列車が Cali ~ Armenia 間に1往復、Cali ~ Cartago 間に2往復サービスしている。太平洋地方線は Cartago ~ Medellín 間が1973年に洪水のため流出したし Ibagué ~ Armenia 間が建設されていないこともあって、他地方の鉄道とはつながっていない。

鉄道の貨物サービスは当プロジェクト圏では若干の減少を示している。しかし旅客の場合ほど大きくなかった。鉄道が輸送した主たる品目は砂糖、コーヒー、綿花、重建設機材であった。今後も特定荷主との契約によりこれ等大量貨物の輸送に鉄道は使われるであろう。

対象道路の交通量は上記国家および地域経済発展に刺激されて確実に伸びている。1970年代において経済発展と交通量はいずれも徐々に大きくなり両者は高い相関関係を示している。

今後は国家全体においてもプロジェクト地域においても経済発展には急激な変化はないと考えられる。従って対象道路の将来交通量は過去のデータの傾向の外挿法によって求めることとした。



Photo 2-1 Colombian National Railway



Photo 2-2 Project Road Perspective  
(Existing Road)



## 第3章 プロジェクト道路の交通現況





## 第3章 プロジェクト道路の交通現況

### 3-1 Bogota ~ Buenaventura 間道路の交通

Bogota ~ Buenaventura 間道路の1978年の交通量は Fig 3-1 に示す通りであり、図にみられるように5つの区間に大別できる。即ち、Bogota 近郊の交通量の多い区間、Salto ~ Ibague 間、Ibague ~ Uribe の山岳部、Uribe ~ Buga 間の平坦区間、更に最後の Buga ~ Buenaventura 間である。交通量は区間によって異なり、881台/日～21,741台/日と大きく変化している。今回のプロジェクトの最も重要な区間である Ibague ~ Calarca 間では、日平均交通量は約2,000台/日程度である。

車種構成でみると重量車の構成比は大都市近郊ほど低く、山間部になる程高くなる傾向があり、Ibague ~ Calara 間では約70%にも達している。

Fig 3-2 はMOPTによって過去10年にわたって観測された自動観測地点での記録であり、これらから時間変動、曜日変動、月変動がわかる。時間変動は比較的变化量が小さく、ピーク率は7%前後しかない。これに対して曜日変動は大きく、地点によっても変動状況が異なる。特に日曜日は変動が激しく Fusagasuga では、平日の130%以上にも達する。月変動は比較的小さく変動量の多い月でも平均値の約15%程度の変化しかないとわかる。

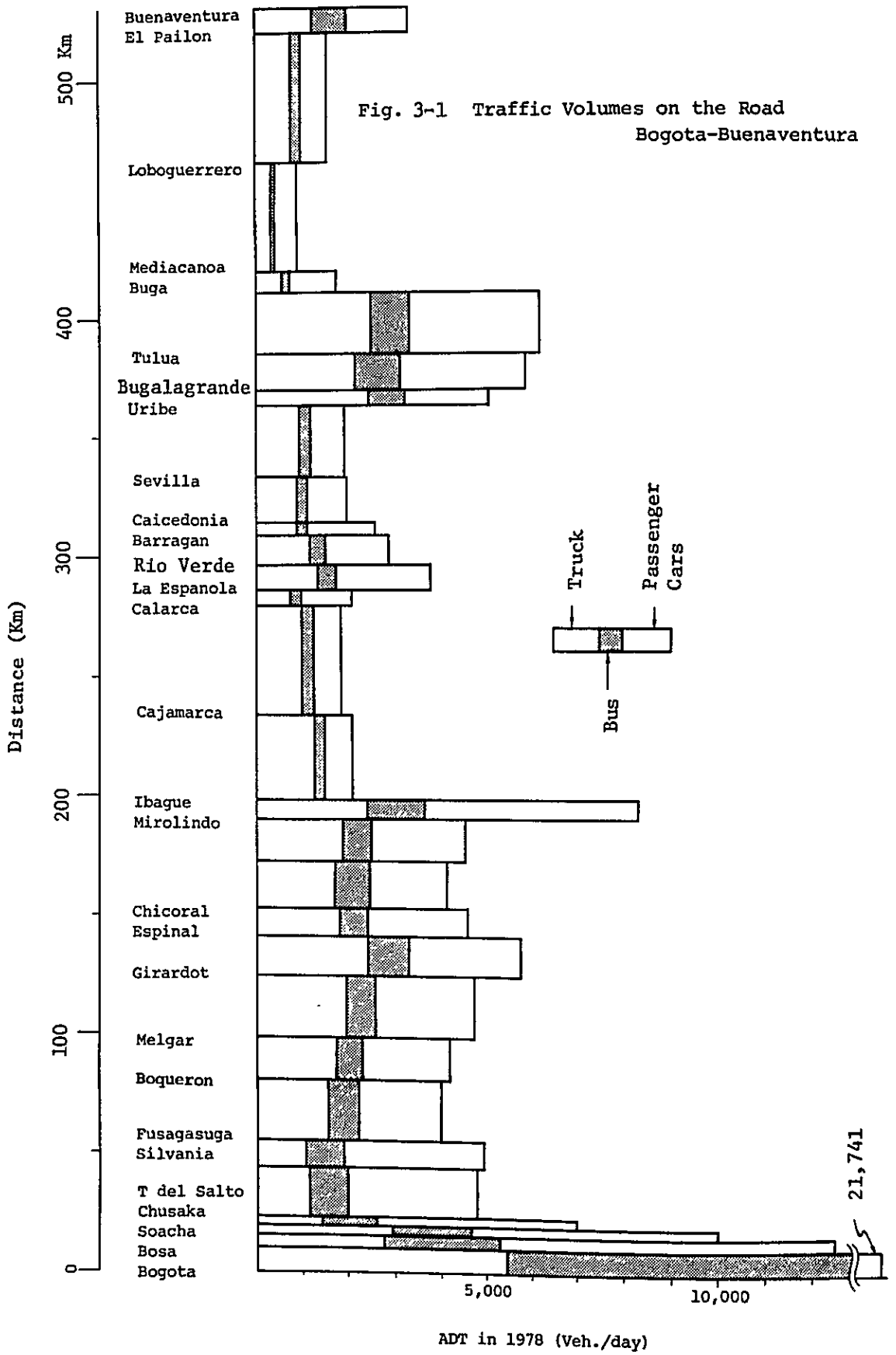
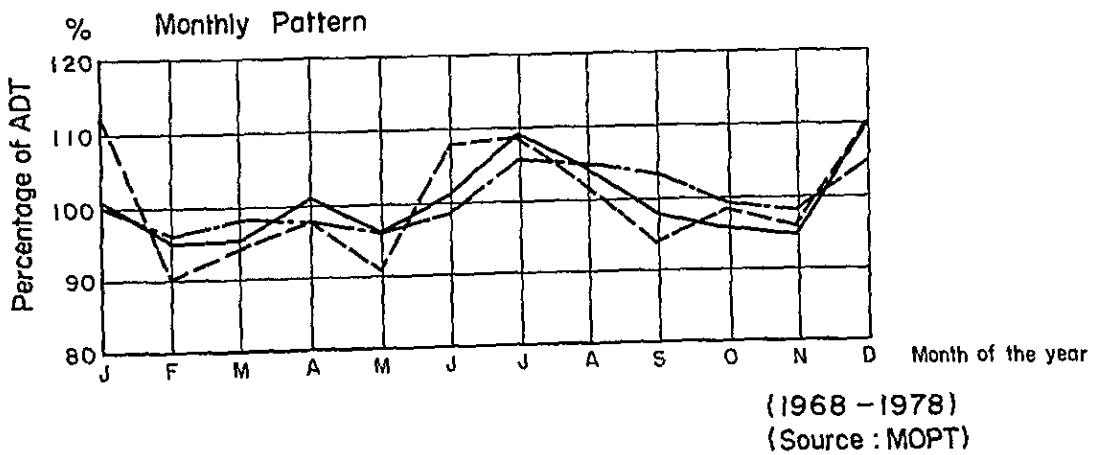
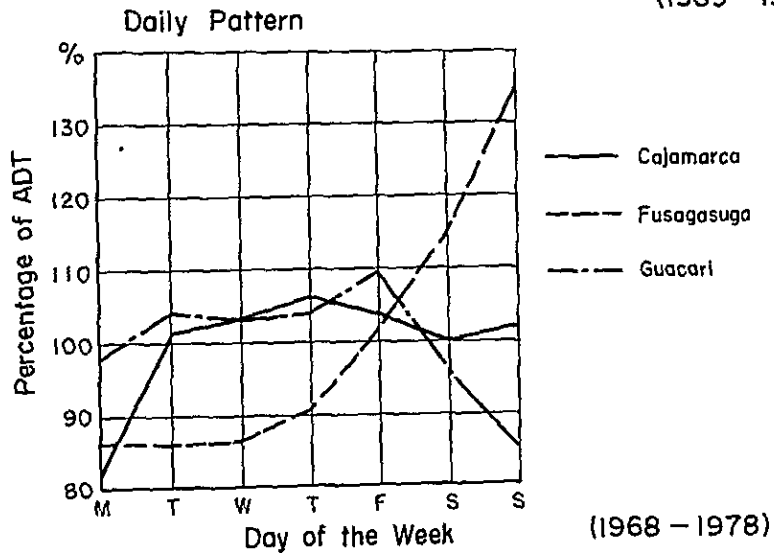
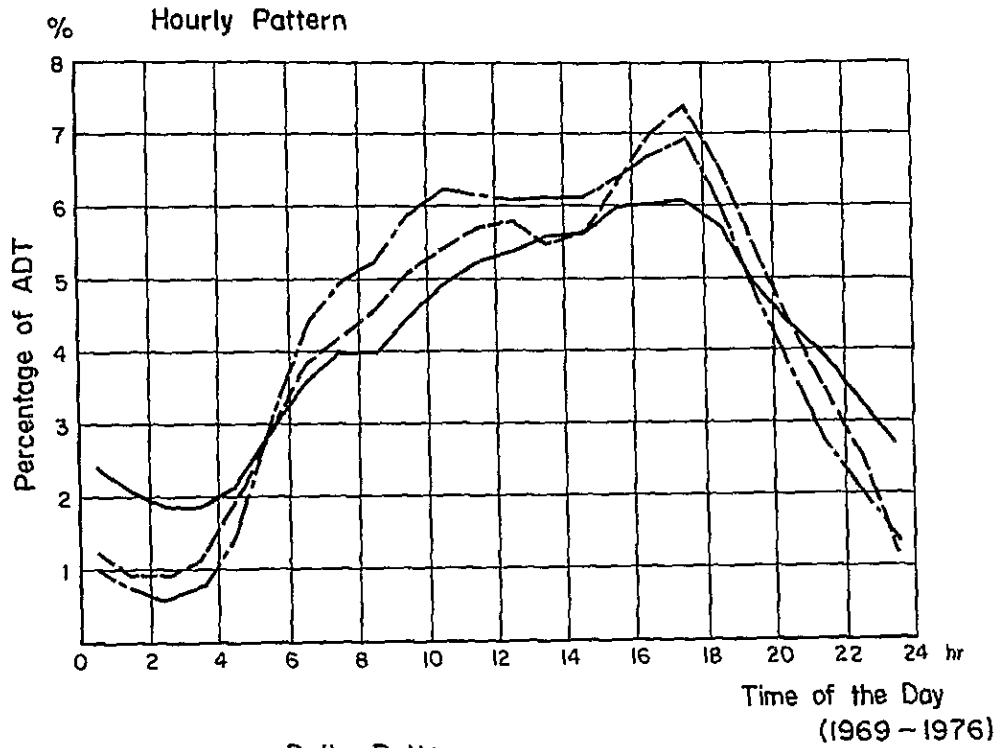


Fig. 3-2 Traffic Pattern



### 3-2 OD調査

コロンビアにはいくつかのOD調査結果があるが、これらはいずれも調査年度が古かったり、カバーしている地域および調査内容が部分的であったりすることから、Bogota～Buenaventura間の現道の交通現況を把握するには充分ではない。したがって現道上のBuga、Coello Espinalの3地点で、1980年2月12日にOD調査を実施した。観測時間は午前6.00～午後2.00の16時間である。OD調査はサンプル調査であり、各調査地点のサンプル数は各々全交通量の約20%、50%、20%であった。

#### 3-2-1 観測交通量

各調査地点において観測された交通量及びその車種構成はTable 3-1に示す通りである。

Table 3-1 観測交通量

(veh/observed hrs)

Station	Automobile	Bus	Truck	Total
1 (Buga)	3,359 (50.9%)	601 (9.1%)	2,637 (40.0%)	6,597 (100.0%)
2 (Coello)	543 (29.1%)	141 (7.6%)	1,181 (63.3%)	1,865 (100.0%)
3 (Espinal)	2,045 (43.6%)	542 (11.6%)	2,101 (44.8%)	4,688 (100.0%)

上表の車種構成と1978年にMOP Tによって観測された24時間交通量の車種構成を対比してみると、バスを除いて他の構成比は比較的近い値になっている。バスについては今回の実測結果の方が1978年の結果よりやや低い。これは深夜にバスの構成比が高くなり、この時間帯の交通量が上表には含まれていないためと考えられる。

乗用車類及び貨物車類についてはOD調査の結果から更に細分類した車種構成を見ることが出来る。Table 3-2、Table 3-3に示される様に、乗用車類では一般乗用車がどの地点に於ても最も多くジープやライトバンは少ない。また貨物車類では2軸のトラック(6t積程度)が圧倒的に多く貨物車類の70～80%を占めている。また、山間部のCoelloでは他の地点に比べて3軸トラックや、最も大型の5軸以上のトレーラートラックが少なからず見られるのも注目に値する。

コロンビアには21の自動観測ステーションがあり、過去10年以上にわたって記録がなされてきている。これらの記録から交通量の時間変動や月変動がわかる。したがってこれを用いて観測された上記の交通量を日交通量(24時間)に拡大することができる。そこで3つの観測地点に最も近い観測ステーションを選び、これらに於る記録を用いて拡大することとした。

Table 3-2 Classification of Automobiles

Vehicle Type	Station No.1 (Buga)		Station No. 2 (Goello)		Station No.3 (Espinal)	
	Number of vehicles	%	Number of vehicles	%	Number of vehicles	%
Passenger Car	210	69.3	205	75.9	168	47.6
Jeep	46	15.2	47	17.4	95	26.9
Light Motor Van	47	15.5	18	6.7	90	25.5
Sub-total	303	100.0	270	100.0	353	100.0
Unclassified	317	-	12	-	41	-
Total	620	-	282	-	394	-

Table 3-3 Classification of Trucks

Vehicle Type	Station No. 1 (Buga)		Station No. 2 (Coello)		Station No. 3 (Espinal)	
	Number of vehicles	%	Number of vehicles	%	Number of vehicles	%
Truck 2 axles	434	83.1	442	73.1	301	75.8
Truck 3 axles	42	8.0	92	15.2	61	15.4
Semi Trailer 3 axles	4	0.8	8	1.3	4	1.0
Semi Trailer 4 axles	5	1.0	3	0.5	1	0.3
Trailer 4 axles	5	1.0	0	0.0	0	0.0
Trailer 5 axles	32	6.1	60	9.9	30	7.5
Total	522	100.0	605	100.0	397	100.0

Note: The classification of vehicle type is subject to the illustration in the survey sheet for 0-D. (See Annex Fig. 3-2)

These vehicles are also referred to as Tractomulas in the economic study.

第1地点 (Buga) に対しては Guacari の記録, 第2地点 (Coello) については Cajamarca, 第3地点 (Espinal) については Fusagasuga の記録を用いることとした。この結果各3地点の観測交通量は各々平均日交通量 (ADT) の 84.5%, 80.6%, 86.5% であり, 交通調査が実施された日の日交通量は各々 7802台/日, 2313台/日, 5418台/日と推定される。これらの日交通量は更に曜日変動や月変動を考慮して年間平均日交通量 (AADT) に変換されなければならない。これについても上記の自動観測ステーションの記録を用いると, Table 3-4 に示される様に変換係数及び AADT が求められる。

Table 3-4 Conversion Factor & AADT

Station No.	Conversion Factor	AADT (Veh/day)
1	$1.041 \times 0.959 = 0.998$	7,818
2	$1.014 \times 0.948 = 0.961$	2,407
3	$0.86 \times 0.902 = 0.776$	6,982

Source: Estaciones Automaticas Permanentes

De Conteo De Transito, 1968 - 1978 MOPT.

### 3-2-2 OD表

OD調査の結果を整理し, OD表を作成するにあたって, まずゾーニング, コーディングを行なった。ゾーンはコロンビア全国を40ゾーンに分け, 更に集約ゾーンとして13ゾーンを設定した。

ゾーン図, ゾーンコード, 積載品目コード, 車種コード等については Annex Fig 3-3, Annex Table 3-1, 3-2 に示した。OD表の作成は次の3つのステップを経て行うこととした。

- (1) 調査結果はサンプルデータであるので, まず観測時間内の全交通量に迄サンプルデータを拡大する。
- (2) 観測時間分 (16時間分) を更に24時間交通量に拡大する。
- (3) 以上のステップ迄で得られた3地点のOD表を1つのOD表に統合する。但し, この際3地点でのAADTへの変換係数を考慮する。

また, OD表の統合にあたっては

- (1) 第2調査地点 (Coello) での調査結果を優先させる。これは, 第2点でのサンプル率が最も高いためである。

したがって, もし同じODをもつトリップが第2地点とそれ以外の地点で見つかった場合は, 第2点地点の値を取るものとする。

(2) もし同じODをもつトリップが第1地点と第3地点のみで見つかった場合には大きい方を取るものとする。

以上の操作を経て得られた集約ゾーンOD表がTable 3-5, Table 3-6に示される通りである。40ゾーンのOD表は付表3-3に示した。これらのOD表は三角表示であるので、各数値はトリップエンドで表わされている。

本プロジェクトの最も重要な区間であるIbague~Calarca間に位置しているCoelloでのOD内訳を見ると、その主要なものはBogota, IbagueとCajamarca, Armenia, Cali, Buenaventura間を走行する交通であり、これらを合計すると日交通量の60%程度に達している。

Melgar~Buga間には新道計画案があるが、もしこれが建設されたとすれば、表3-5を用いて新道への転換交通量が推定できる。すなわち、Bogota~Cali間, Bogota~Buenaventura間といった長距離トリップはほとんど新道に転換するものと考えられる。概略的にこの転換交通量を算定すると、1980年現在の交通量レベルで約800~900台/日程度と推定される。この転換交通量は第2地点のCoelloで見ても年間平均日交通量(AADT)の約35%にあたる。





Table 3-6 Origin Destination Table (1980) for Trucks (Veh/day)

Zones	Zones													Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Zones	Bogota	Cundi	Quind	Tolima	Quind	Valle 1	Valle 2	Risar	Cald	Anti	NE of BGT	S of BGT	S of Valle	
1. Bogota	0	0	364	203	91	25	473	60	2	145	0	288	32	
2. Cundinamarca		0	693	263	30	9	67	21	13	29	0	44	0	
3. Tolima 1			70	55	10	5	4	4	0	5	13	8	2	
4. Tolima 2				298	97	6	79	27	5	5	0	29	4	
5. Quindio					10	0	184	0	4	6	6	7	5	
6. Valle 1						0	438	0	0	0	5	2	10	
7. Valle 2							1504	217	168	630	31	9	4	
8. Risaralda								0	0	6	4	28	7	
9. Caldas									0	0	0	7	21	
10. Antioquia										12	8	43	27	
11. NE of Bogota											0	0	7	
12. S of Bogota												0	2	
13. S of Valle													10	
Total														12,096

### 3-3 関連計画道路の影響

コロンビアの交通運輸部門の国家開発計画 (Plan de Integración Nacional - Sector Transporte Oct. 19, 1979; Departamento Nacional de Planeación) によれば, Bogota ~ Medellín間及び Armenia ~ Zarzal 間に新道が建設されつつあり, 1982年には完成の予定である。したがってこれらの道路が完成すれば, プロジェクトの対象である現道から新道へ転換する交通があるので, これを推定しておく必要がある。

#### 3-3-1 Bogota ~ Medellín間道路への転換交通量

Table 3-5 に示されたOD表を用いてBogota ~ Medellín間道路への転換交通量を推定すると, 1980年の交通量レベルで, 186台/日と推定される。これはCoello 地点でのAADTの約8%にしかならず, Bogota ~ Medellín 道路による影響は比較的小さいと言える。

#### 3-3-2 Armenia ~ Zarzal 間道路への転換交通量

Table 3-5 のOD表からはArmenia ~ Zarzal 間道路への転換交通量は推定できない。したがってValle地域で1976年に実施されたOD調査の結果をもとに推定することとした。<sup>\*</sup>このOD調査は1976年11月3日から1週間にわたってValle州内の数10ヶ所に調査地点を設けて実施されたという大規模なものである。

この調査に於てArmenia ~ Uribe 間で路側観測された日平均交通量 (AADT) は次の通りである。

Section	ADT
Armenia - Caicedonia	1,800 veh/day
Caicedonia - Sevilla	1,792 "
Sevilla - Uribe	1,595 "

上記の各区間で, 各々の観測交通量AADTに含まれていると推定されるOD要素をOD表から拾い出すと, Table 3-7, 3-8, 3-9 に示される様なトリップが挙げられる。

どの区間に於ても列挙されたODをもつトリップ数を合計するとAADTに充分近い数値になっており, このことからAADTを構成する実際のOD要素はほとんど列挙されているものと考えられる。

このように列挙されたOD要素のうち, AタイプのものはたとえArmenia ~ Zarzal 間の道路が完成しても, 現道に残ると考えられるトリップであり, Bタイプのもは新道完成後新道へ転換すると推定されるトリップである。またCタイプについては新道へ転換するかどうかは新道の規格条件によって異なるものと考えられる。

Armenia ~ Uribe 間の所要時間をArmenia ~ Zarzal 間の新道経由の場合と現道のみを使った場合とを比較した時, もし, 大差がなければCタイプの交通の約半数は新道へ転換

\* Estudio del Plan del Valle, mayo, 1977

し、残りの半数が現道に残るものとみなせる。この場合、Armenia～Zarzal間新道への転換交通量はそれぞれ Armenia～Caicedonia間でADTの29.5%、Caicedonia～Sevilla間で33.9%、Sevilla～Uribe間で33.3%と推定される。

Table 3-7 Estimated Composition of O-D Elements for the Section Armenia-Caicedonia in 1976

O-D Elements	Veh/day	%	Type <sup>1)</sup>
Bogota, Neiva area -Caicedonia	22	1.2	A
ditto -Sevilla	34	1.9	A
ditto -South Valle (South of Uribe)	499	27.7	C
ditto -North Valle (between Uribe-Obando)	14	0.8	B
Armenia -Caicedonia	342	19.0	A
ditto -Sevilla	278	15.4	A
ditto -South Valle	365	20.3	C
ditto -North Valle (Uribe-Obando)	85	4.7	B
Pereira -Caicedonia	44	2.5	A
ditto -Sevilla	48	2.7	A
Manizales -Caicedonia	2	0.1	A
ditto -Sevilla	8	0.4	A
Ulloa, Alcala area -Caicedonia	22	1.2	A
ditto -Sevilla	12	0.7	A
Total	1,775	98.6	
Others	25	1.4	
ADT	1,800	100.0	

1) See notes under Table 3-9

Table 3-8 Estimated Composition of O-D Elements  
for the Section Caicedonia - Sevilla  
in 1976

O-D Elements	Veh/day	%	Type <sup>1)</sup>
Bogota, Neiva area - Sevilla	34	1.9	A
ditto - South Valle (South of Uribe)	499	27.8	C
ditto - North Valle (between Uribe-Obando)	14	0.8	B
Armenia - Sevilla	278	15.5	A
ditto - South Valle	365	20.4	C
ditto - North Valle (Uribe-Obando)	85	4.7	B
Pereira - Sevilla	48	2.7	A
Manizales - "	8	0.4	A
Ulloa, Arcara area - "	12	0.7	A
Caicedonia - "	272	15.2	A
ditto - South Valle	97	5.4	C
ditto - North Valle (Uribe-Obando)	28	1.6	B
Total	1,740	97.1	
Others	52	2.9	
ADT	1,792	100.0	

1): See notes under Table 3- 9

Table 3-9    Estimated Composition of O-D  
Elements for the Section  
Sevilla - Uribe in 1976

O-D Elements	Veh/day	%	Type <sup>1)</sup>
Bogota, Neiva area - South Valle (South of Uribe)	499	31.3	C
ditto            - North Valle (Uribe-Obando)	14	0.9	B
Armenia            - South Valle	365	22.9	C
ditto            - North Valle (Uribe-Obando)	85	5.3	B
Caicedonia        - South Valle	97	6.1	A
ditto            - North Valle (Uribe-Obando)	28	1.7	A
Sevilla            - South Valle	373	23.4	A
ditto            - North Valle (Uribe-Obando)	58	3.6	A
ditto            - Medellin and rest of Valle (Cartago area)	46	2.9	A
Total	1,565	98.1	
Others	30	1.9	
ADT	1,595	100.0	

1) :    Type A: will remain on the existing road after the completion of new road between Armenia-Zarzal

          Type B: will divert to the new road.

          Type C: depends on the condition of the new road.

### 3-4 現況交通のその他の特性

#### 3-4-1 輸送貨物

OD調査の結果から、輸送貨物の品目や量およびそのODがわかる。主要輸送品目はTable 3-10に見られるように、工業製品、農産品が多く、この2つで全体の約70%を占めている。トラック1台当りの平均積載量は約7.3トンであり、空車率は比較的少なく、全台数の約20%となっている。

Table 3-10 Type of Cargo and Average Loading Volume

	Tonnage		Nos of Vehicles	Tons/veh
Agricultural Products	2,617	23.6	28	9.11
Livestocks	148	1.4	21	7.05
Forest Products	301	2.7	35	8.6
Mineral Products	1,090	9.8	112	9.73
Manufacturing Products	5,121	46.1	515	9.94
Others	1,100	9.9	163	6.75
Vacant	0	0.0	319	0.0
Unknown	719	6.5	75	9.59
Total	11,105	100.0	1,527	7.27

Note: The above figures represent the total tonnage at the three stations.

これら貨物の主要起終点はBogota, Cali, Buenaventura及びMedellinであり、中間に位置するIbague, Armenia, Espinal, Buga等に起終点をもつトラックは少い、この点で乗用車類の起終点と大きく異なっている。輸送貨物のOD表はAnnex Table 3-4に付した。

#### 3-4-2 旅客数

車による1台当りの平均旅客数はTable 3-11に示す通りである。これらは運転手を含んだ人数を示している。更に細分化された車種別平均旅客数はAnnex Table 3-6に示した。

Table 3-11 Average Number of Passengers

Vehicle type	(Persons/Veh)			
	Automobiles	Buses	Trucks 2 axles	Trucks 3 or more axles
Ave. Nos of Passengers	2.2	19.0	1.8	1.6

Source: O-D survey results made in Feb. 1980

3-4-3 使用燃料

車の使用燃料としては乗用車類を除いて一般的に2種類の燃料が用いられている、すなわちガソリン車とディーゼル車である。Table 3-12はO-D調査結果から得られた構成比であり、これによるとバス及び2軸のトラックではその80%がガソリン型式であり、3軸以上の重トラックでは逆に80%以上がディーゼル型式となっている。COLMOTORESによれば、トラックのディーゼルタイプが増加しつつあるとのことであるが、それ程急激には変化しないとみられる。

Table 3-12 Type of Fuel

Type of Fuel	Automobiles	Buses	Trucks 2 axles	Trucks 3 or more axles
Gasoline	100%	81.6%	80.4%	17.1%
Diesel	0	18.4%	18.4%	82.9%

Source: O-D survey result made in Feb., 1980

(See in more detail Annex Table 3-7)





## 第4章 将来交通量



## 第4章 将来交通量

1971年より79年にかけての交通量観測資料による交通量の変化は、主たる経済指標の変化と共にTable 4-1に示される。交通量と年別変化を4区画毎にまとめたものがAnnex Table 4-1と4-2に示される。主たる傾向は次のようにまとめられる。

### 4-1 全般的傾向

全般的に後半4年間の増加割合は前半に比べて小さかったようである。つまり全体的に増加割合が漸減して来たということになる。この理由の一つはバス・トラックの容量が増えたことで次の項にも述べられている。又いくつかの区間では前年より減っている場合もあった。

### 4-2 バス

バスの容量が増加して来たことが台数の小さな増加をもたらした一因と思われる。しかし座席数や乗車人員の増加を示す情報はなかった。しかし1979年のバス及びブセタの割合をIbague~Uribe間でみると90%と10%になり、今後は1台当りの平均容量の増加よりも台数の増加が強くなるとみられよう。

### 4-3 トラック

大型トラック(3軸又はそれ以上)の使用は他の車種よりも、大きな割合で増加したが台数は少なく1979年でも15%に達していない。中型トラック(2軸)はより小さな割合で増加して来たが同年でも33%の割合を持っている。代表的な区間でのこの2種のトラックの構成割合の1971~79にかけての変化と2000年までの想定した割合がAnnex Table 4-3に示される。これ等割合の変化を適用して将来車種別台数を区間ごとに推定することとした。

### 4-4 交通量常時観測データ

公共事業省の交通量常時観測システムはこのプロジェクトに近い2地点で年間日平均交通量(AADT)を1968年より78年にかけて記録している。その平均台数と平均増加率が次のように示される。

番号	地名	1968	1971	1975	1978	年平均増加率 68-78
No 2	Cajamarca	-	1,530	1,991	2,122	4.8% p. a
No 4	Guacari	3,421	4,183	5,317	6,180	6.1% p. a

上記期間についての増加率は1971-79年の期間の当プロジェクト道路の交通量の増加率(Table 4-1及びAnnex Table 4-4等に示される)とほぼ同じである。特にこれ等の2

地点での年間平均日交通量（A A D T）と日平均交通量の差は近年のデータでは極く僅かである。従ってプロジェクト道路上では日平均交通量と年平均交通量は同じものと考えたこととした。

#### 4-5 交通量増加率の想定

Estudio de Prefactibilidad, Corredor Bogota ~ Cali, Buenaventura ~ Bogotá, Octubre de 1978 (MOPT Y NEI) [ Bogota ~ Cali ルート, フィージビリティ事前調査 ] で適用された増加率は 1975 - 85 年が年平均 5.5%, 1985 ~ 2000 年が年平均 5.0% である。Plan Nacional de Transporte, Octubre de 1979 ( Bogotá, MOPT Y NEI ) [ 全国交通計画 ] では都市外幹線交通量に 6.0% を 2000 年までに適用している。日交通量の 1970 年代における傾向は当プロジェクト上の交通量の伸びはこれ等の増加率よりやや少なかったことを示している。

交通量の時系列的推移に加えて、地域経済の成長の可能性（第 2 章参照）は増加率の控え目な設定値を支持しているように見える。従って Melgar ~ Buga 間全線にわたっての交通量全体についての年平均増加率は 2000 年までを 5.0% とすることとした。

#### 4-6 車種別伸び率の設定

車種別伸び率を決めるに当っては 4 区間での増加傾向の差を考慮することとした。Uribe ~ Buga 区間が最大で、Melgar ~ Espinal がその次に大きい伸び率を示した。残りの 2 区間は日平均交通量の伸び率については上記区間より低い傾向を示した。

各区間における車種別の伸びおよび交通量の差は認められるが当調査では対象区間全線にわたって同じ車種別の伸びを採用した。採用値は車種別に小型車 5.5%, バス 3.4%, 2 軸トラック 4.6%, 3 軸トラック 5.9%, トラック合計 5.1%, そして全車 5.0% である。

1971 年より 2000 年までの推定交通量を附表 4-5 に示す。同表における 1983 年以後の推定交通量は Armenia と Zarzal を結ぶ新しいバイパスの完成と Bogota ~ Medellin の新道建設の影響を考えている。新道およびバイパスへの転換交通量は OD 調査データを分析して求め、1983 年以降推定交通量より差引いて求めた。

Table 4-1 Selected Indicators of Economy and Traffic, 1971-1979.

	1971	72	73	74	75	76	77	78	79	80-85	85-90	90-2000
												growth rate per annum.
1. Population ('000)	21,347.8	21,941.5	22,551.8	23,179.1	23,823.8	24,486.4	25,167.5	25,867.5	26,587.0	2.1% <sup>2)</sup>	2.0% <sup>2)</sup>	1.8% <sup>2)</sup>
					2.8% p.a.							
2. G.D.P. (in million of 1970 prices)	137,889	148,630	159,195	168,787	175,226	183,296	192,187	209,236	219,885	5.5% <sup>3)</sup>	5.5% <sup>3)</sup>	5.5% <sup>3)</sup>
			6.2% p.a.				5.8% p.a.					
					6.0% p.a.							
3. Fuels consumed on roads (million gallons)												
Gasoline	722.2	761.7	814.4	848.5	893.3	916.3	988.6	1053.3	1080.3	5.3% <sup>4)</sup>	5.3% <sup>5)</sup>	5.3% <sup>5)</sup>
			5.4% p.a.				4.9% p.a.					
					5.2% p.a.							
Diesel (ACPM)					301.6	324.7	327.7	338.7	362.8	5.0% <sup>4)</sup>	5.0% <sup>5)</sup>	5.0% <sup>5)</sup>
							4.7% p.a.					
4. Registered vehicles in total ('000)	-	-	486.6	522.3	559.2	597.9	628.2	685.6	-	6.7% <sup>2)</sup>	6.3% <sup>2)</sup>	6.3% <sup>2)</sup>
			7.2% p.a.				7.0% p.a.					
5. Traffic on the project Road (TPD or ADT and annual growth rate).												
Melgar-Espinal 44 km.	3,557	3,963	4,150	4,620	4,578	4,782	4,807	5,165	5,144	5.0%	5.0%	5.0%
					4.7% p.a.							
Espinal-Ibague 55 km.	3,490	3,940	4,373	4,592	4,777	4,361	4,900	4,995	4,835	5.0%	5.0%	5.0%
					4.1% p.a.							
Ibague-Urbe 164 km.	1,630	1,439	1,791	1,679	1,918	1,860	2,072	2,177	2,197	5.0%	5.0%	5.0%
					3.9% p.a.							
Urbe-Buga 44 km.	3,897	4,005	4,176	4,791	4,915	4,706	5,500	5,890	6,107	5.0%	5.0%	5.0%
					5.8% p.a.							
Overall average of Melgar-Buga 307 km.	2,564	2,617	2,933	3,068	3,241	3,135	3,462	3,642	3,652	5.0%	5.0%	5.0%
					4.5% p.a.							

Sources: 1) Selected from the data in tables.

2) MOPT, Oficina de Planeacion, Plan Nacional de Transporte Anexo I, (Bogota, Noviembre de 1979).

3) MOPT, Oficina de Planeacion, Estudio de Prefactibilidad: Corredor Bogota-Cali-Buenaventura (Bogota, Octubre de 1978) and INANDES, El Desarrollo Economico Departamental 1960-75 (Bogota, 1977).

4) Ministerio de Minas y Energia, Politica, Obras y Proyecciones del Sector de Minas y Energia, 1979).

5) Assumed to be same as in the beginning 5 years.



## 第5章 走行調査及び交通容量





## 第5章 走行調査及び交通容量

### 5-1 燃料消費調査

走行費用算定のベースとなる燃料消費量に関するデータとしては、1974年の走行試験に基づくもの及び1975年オランダのNEIによるテスト結果によるもの等が公共事業省(MOPT)にある。これらは充分使用に耐えるものであるが、今回のプロジェクト対象であるMelgar~Buga間の道路の特性、特に急勾配、高い高度等を考えると走行調査を新たに実施することが必要となってくる。

このため、本調査に於ては現道のうち急峻な部分を含む、Espinal~Calarca間を対象とし、乗用車、トラック、セミトレーラーの3車種を用いて燃料消費調査を行うこととした。

調査は限定された道路区間で行われたが、その結果は燃料消費量と勾配あるいは走行速度との関係を十分に示していると思われる。

#### 5-1-1 調査の実施

燃料消費調査はMOPTとCOLMOTORESの協力を得て、1980年9月15日から10月25日の間にEspinal~Calarca間の現道29区間に於て実施された。区間の選定にあたってはできる限り勾配、平面線型、巾員等が一様になるように道路台帳及び現地踏査から選定した。各々の区間はアスファルト舗装されており、路面条件は良好であった。各区間の特性をTable 5-1に示している。調査に用いた事は3種類であり、定常状態で走行させた。Table 5-2に使用車の特性を示した。

また、燃料消費の測定器具については、当初Fludyne Model 1250という、アメリカ製の精巧な計器を用いて調査したが、途中で故障したため、やむを得ず、シリンダータイプの計器を作成し、調査を続行した。したがってFludyne Model 1250による調査結果とシリンダータイプの計器による結果とではその精度に於てかなりの差があると考えられる。

Fludyne Model 1250は燃料消費量をCCの単位でまた所要時間を1/10秒の単位でデジタル表示するものであり、測定誤差は1%以内と考えられる。またシリンダータイプのものはシリンダー内に燃料を入れ、これをエンジンに接続させて、その消費量をシリンダーに取付けたスケールで読み取るというもので、1cm当り約500ccに相当し、読み取りによる誤差は区間長によって異なってくるが2~20%になると考えられる。

燃料消費量は一般的に走行速度によっても大きく異なると云われているので、テストの実施に先だて、勾配別の平均走行速度をオランダのNEIによる調査結果から、あらかじめ推定しておき、この速度で運行させた時の消費量を測定するという方法を取った。

また走行速度の差異による燃料消費量の差異を把握するため、D-DartとD-600の2車種を用いて同一区間を数回速度を変えて測定することを試みた。

Table 5-1 Characteristics of Road Sections

Section	Length (Km)	Ave. Altitude (m)	Gradient (%)
ESPINAL-IBAGUE			
1. K6.500 - K11.330	4.830	500	0.7
2. K12.712 - K13.520	0.808	500	-3.3
3. K17.100 - K18.000	0.900	550	2.3
4. K24.200 - K25.150	0.950	700	6.7
5. K38.170 - K40.700	2.530	1,000	2.3
IBAGUE - CAJAMARCA			
1. K58.055 - K60.280	2.225	1,300	6.5
2. K61.000 - K64.674	3.674	1,250	-6.4
3. K64.800 - K66.550	1.750	1,200	7.5
4. K69.714 - K70.860	1.146	1,450	5.8
5. K72.418 - K73.585	1.167	1,500	4.7
6. K81.406 - K82.779	1.373	1,550	-1.0
7. K83.147 - K84.102	0.955	1,600	7.0
8. K87.130 - K88.135	1.005	1,700	0.4
CAJAMARCA - LA LINEA			
1. K93.985 - K95.400	1.455	1,900	7.0
2. K100.559 - K102.958	2.399	2,350	4.6
3. K105.249 - K107.000	1.751	2,600	8.3
4. K107.000 - K110.263	3.263	3,000	7.4
5. K110.861 - K112.370	1.509	3,050	8.1
6. K111.540 - K112.370	0.830	3,100	8.1
7. K112.370 - K113.400	1.030	3,200	8.4
LA LINEA - CALARCA			
8. K113.400 - K114.180	0.780	3,200	-4.9
9. K114.180 - K118.540	4.360	3,000	-8.9
10. K118.540 - K120.260	1.720	2,700	-9.4
11. K118.540 - K119.380	0.840	2,800	-8.8
12. K119.380 - K120.260	0.880	2,650	-10.0
13. K120.260 - K124.189	3.929	2,500	-8.8
14. K124.189 - K125.371	1.182	2,300	-3.7
15. K125.371 - K126.491	1.120	2,250	-6.2
16. K126.491 - K131.306	4.815	2,000	-7.4

Table 5-2 Characteristics of Tested Vehicles<sup>1)</sup>

	I	II	III	IV
Maker	Dodge	Dodge	Dodge	Dodge
Type	Dart	D600	D600	CNT900
Model	1979	1978	1978	1978
Type of Fuel	Gas	Gas	Gas	ACFM
Curb Weight (Lbs)	2,430	7,293	7,293	15,214 (Front Section) 13,230 (Rear Section)
Gross HP	145	210	210	250
Cargo (Lbs)	-	-	Rocks 19,200	-
Gross Vehicle Weight (Lbs)	2,430	7,293	26,493	28,444 <sup>2)</sup>
WPR (Gross vehicle weight/Gross HP)	17	35	126	114

Notes: 1) These vehicles are supplied to MOPT by Fabrica Colombiana de Automotores S.A., who agreed to cooperate in the experiment.

2) In this case no cargo was loaded.

## 5-1-2 測定結果

燃料消費調査の記録は Annex Table 5-1 に示した。これらの記録を用いて燃料消費と道路の縦断勾配との関係を見出すためにグラフ上のプロットしたものが Fig 5-1 ~ Fig 5-3 である。これらは各々 D-Dart, D-600 の積載時, CNT900 についての結果である。D-600 の空車時に対する結果については読み取り誤差が大きく良好な関係を見い出せなかった。

図に見られる様に燃料消費と勾配との関係は MOPT と NEI が過去に行なった実験結果と傾向としては一致している。すなわち、上り勾配では直線的に変化し、下り勾配ではエクスポネンシャル曲線で表わされる。過去の調査では高度による燃料消費の差異はとらえられていないが、今回の調査結果を見ると高度による違いがあるように見うけられた。これによれば、高度が 1000 m 増加する毎に試験車と勾配の組み合わせに応じて 10 ~ 50 % 程度の増加が見られた。全体的に相関係数は非常に高く良好な結果といえるが、CNT-900 についてはやや精度が低くなっている。

地形条件から対象のプロジェクト通路は一般的に高度が高くなればなる程、急勾配を持っている。このため今回の測定に於ても最も高度の高い 2000 ~ 3200 m に相当する道路区間では 4 % 以下の勾配をもつテスト区間を含んでいない。したがって Table 5-3 の 2000 m 以上の高度についての関係式は勾配が 4 % 以上のもののみ適用すべきであろう。

また、上記の測定結果から次のことがわかる。急勾配部の燃料消費率は D-600 の方がずっと D-Dart よりも消費量の上昇率が激しい。例えば勾配が 1 % の場合と 8 % の場合を比較すると、D-Dart の場合には 8 % 時の燃料消費が 1 % 時の約 2 倍程度であるのに D-600 の場合には 8 % 時の燃料消費は 1 % 時の約 4 倍にも達している。CNT-900 のケースは空車の状態なので D-600 程の高い上昇率は示していないが、もし、積載時で比較すると D-600 よりもはるかに多くの燃料を要するものと考えられる。

これから、急勾配になればなる程、重量車の方が軽車両より、それに必要な燃料が著しく多くなることがわかる。

Fig. 5-1 Fuel Consumption (D-Dart)

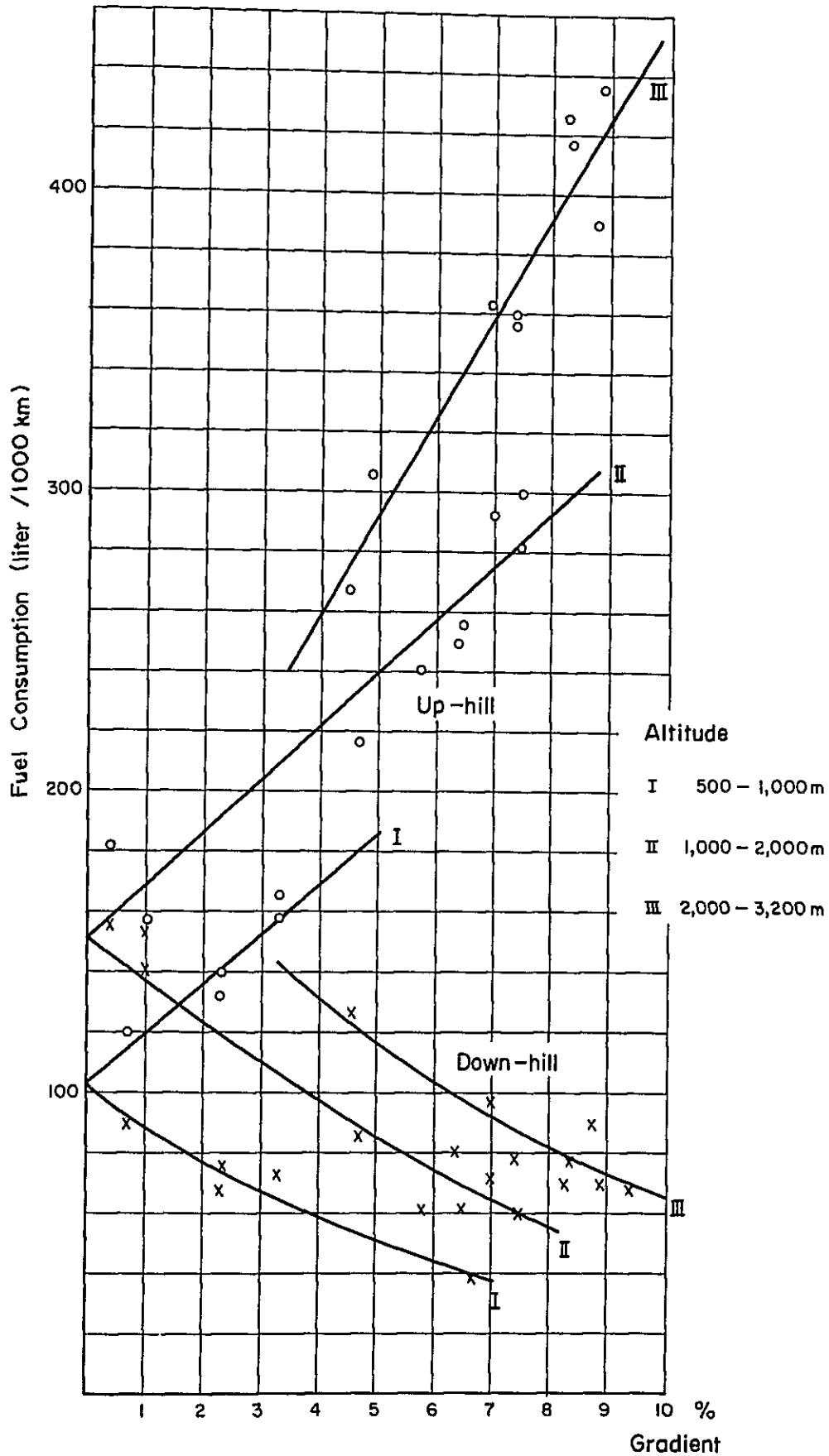


Fig. 5-2 Fuel Consumption (D-600 w. cargo)

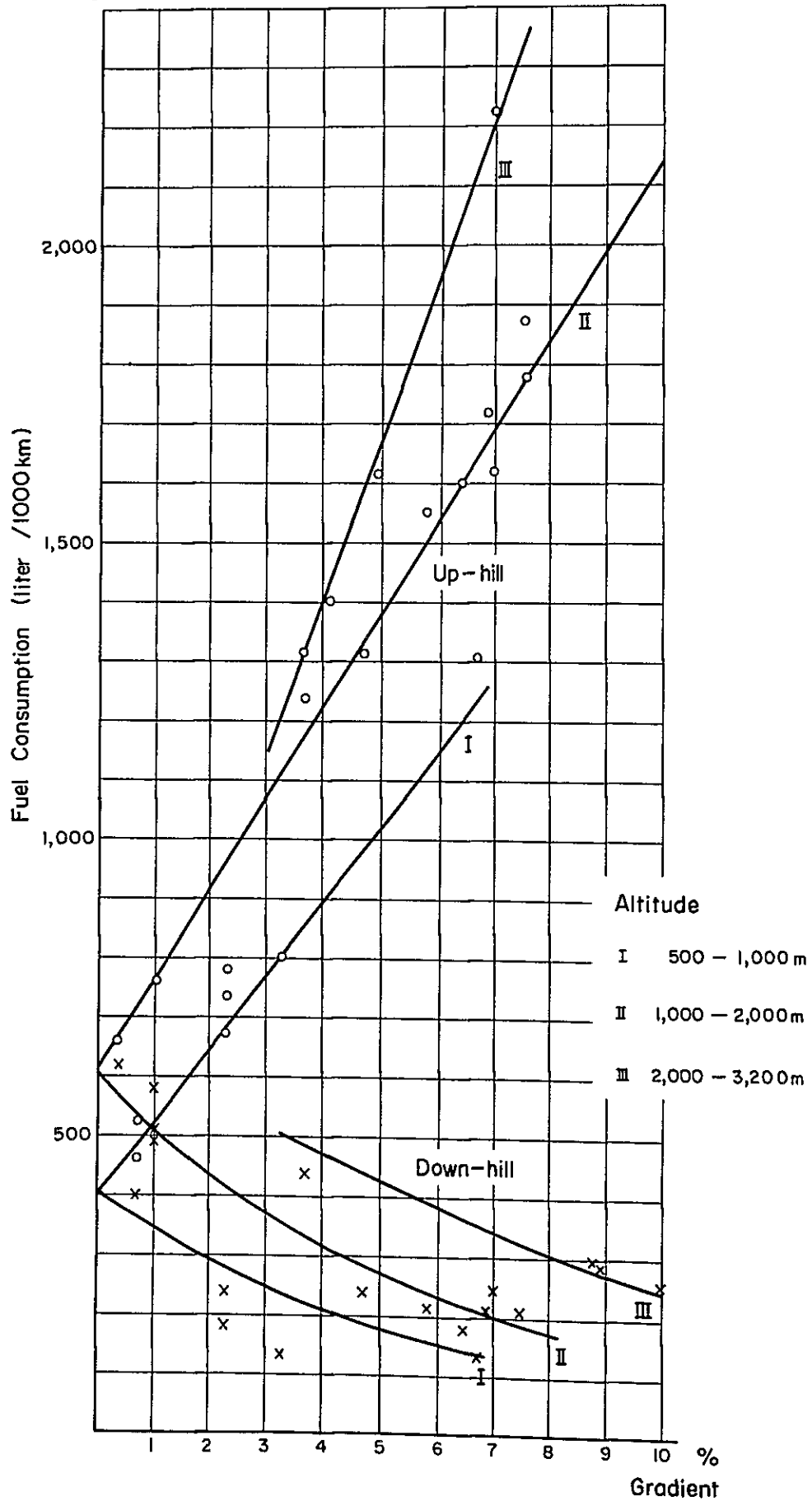


Fig. 5-3 Fuel Consumption (CNT 900)

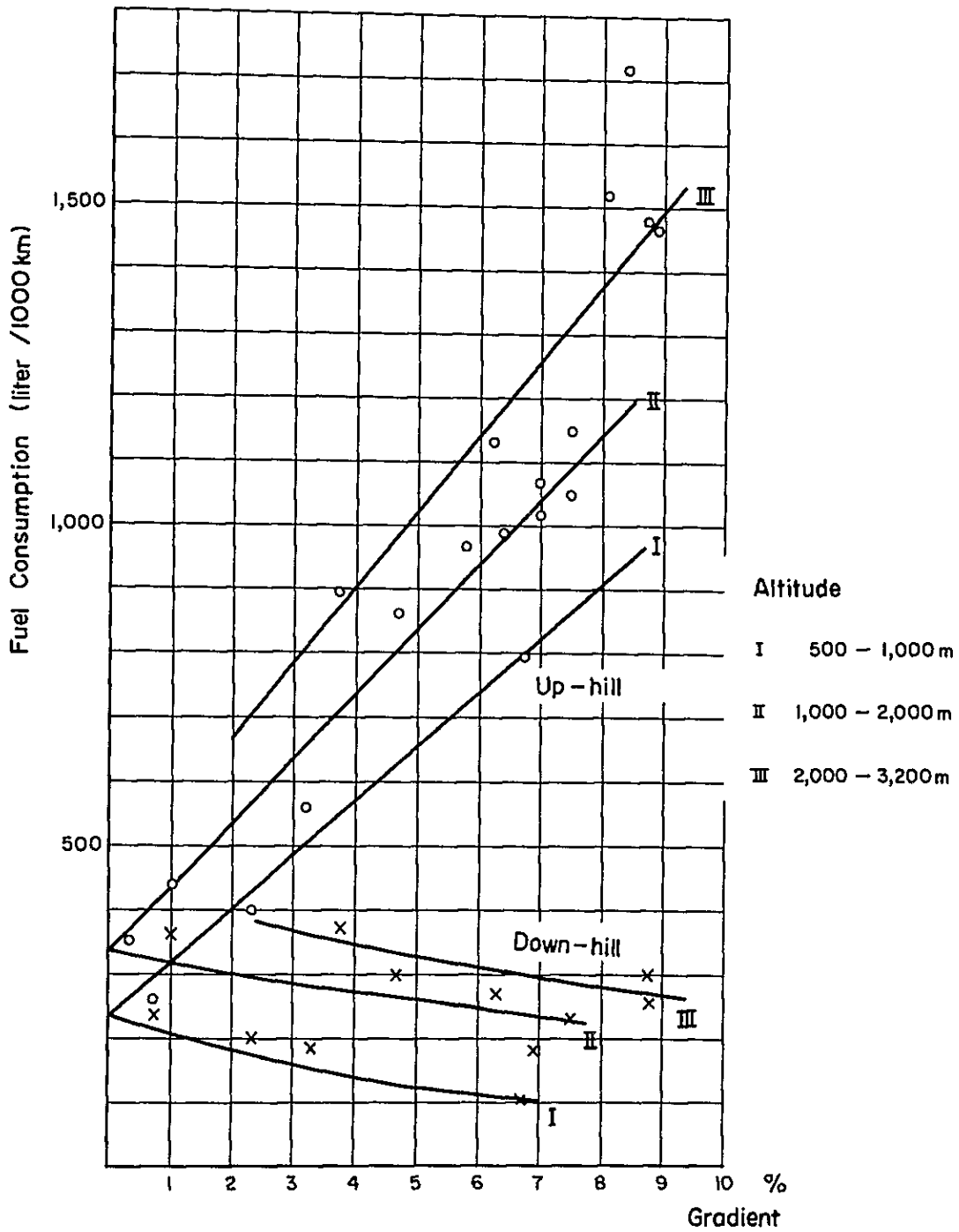


Table 5-3は1974年にMOP Tで実施された測定に基づく既存の燃料消費データと今回の測定結果とを比較したものである。この表に於てテストに使用されたD-600の総重量は貨物分を含んで、今回は26,500ポンドであったが、既存データの際は22,000ポンドであった。この重量差はNEIの調査結果によれば、燃料消費にして約20%の差異を表わすことになる。したがって、もし既存データのテスト車が今回と同じく26,500ポンドのD-600が使用されていたとすれば、Table 5-3の既存データにあるD-600の燃料消費量、341, 445, 620 l/1000 kmは、各々420, 530, 740 l/1000 kmと読み代えられることとなる。

以上のことからMOP Tの既存データに於て1%、3%の場合は、今回の0~1000mの高度に於る結果に相当し、5.5%の場合は、今回の1000~2000mの高度に於る測定値にあたっていることがわかる。

結論として、MOP Tの既存データと今回の測定結果は比較的近く、両者の差異は主として測定が実施された道路の特性、特に高度と勾配の組み合わせの差異によるものと考えられる。

Table 5-3 Comparison of Fuel Consumptions

(Litres/1,000 km)

Grade		D-Dart			D-600				
		+1%	+3%	+5.5%	+1%	+3%	+5.5%		
Current Tests by Study Team	Altitude								
	0 ~ 1,000m	up (a)	121	153	194	531	778	1,088	Note (1)
		down (b)	92	70	50	345	248	165	
		(c) = $\frac{(a)+(b)}{2}$	106	111	122	438	513	626	
	1,000 ~ 2,000m	up (a)	171	206	250	771	1,081	1,467	
		down (b)	134	102	73	526	383	259	
		(c)	152	154	161	649	732	863	
	2,000 ~ 3,200 m	up (a)	219	254	310	50	1,159	1,828	
		down (b)	181	145	111	628	512	397	
(c)		200	200	210	739	835	1,112		
Existing data from MOP T	0 ~ 3,200 m	112	122	158	341	445	620	Note (2)	
					420	530	740	Note (3)	

Note : (1) 26,500ポンドのD-600使用の今回調査の結果

(2) MOP Tによる既存データ(22,000ポンドのD-600使用)

(3) MOP Tによる既存データを26,500ポンド車に変換したもの



Fig5-4 と Fig5-5 は走行速度の変化と燃料消費量の変化との関係を D-Dart および D-600 について示したものである。

これらの図から各々の車種ごとに成る与えられた区間を走るのに最も燃料消費量が少ない速度(最適速度)が存在することがわかる。即ち、走行速度と燃料消費との関係はすべての区間に於て、下に凸な二次曲線で表わされる。

この最適速度は一般に上り勾配になればなる程小さくなり、逆に下り勾配になる程大きくなる傾向をもっている。この関係式を求めると次のように得られる。

$$V_o = 41.0 - 1.1074 g \quad (\text{D-Dart})$$

$$V_o = 37.7 - 2.1688 g \quad (\text{D-600 with cargo})$$

where  $V_o$  : optimum velocity (km/hr.)

$g$  : gradient (%)

上で得られた最適速度と実際に観測された平均走行速度を比較してみると次のある結果が引き出される。D-Dart についての比較は Fig5-6 に示されているが、これによると勾配が 4% 以下では上り、下り共に平均走行速度の方が最適速度よりも高くなっており、勾配が 4% を超えると、下りでは平均走行速度の方が最適速度よりも低く、また上りでは両者がほぼ等しいことがわかる。Fig 5-7 に示される様に D-600 についても D-Dart とほぼ同様の事が言える。但し、変曲点は 4% の代りに 3% 程度となっている。

Fig. 5-4 Fuel Consumption by Operating Speed  
(D-Dart)

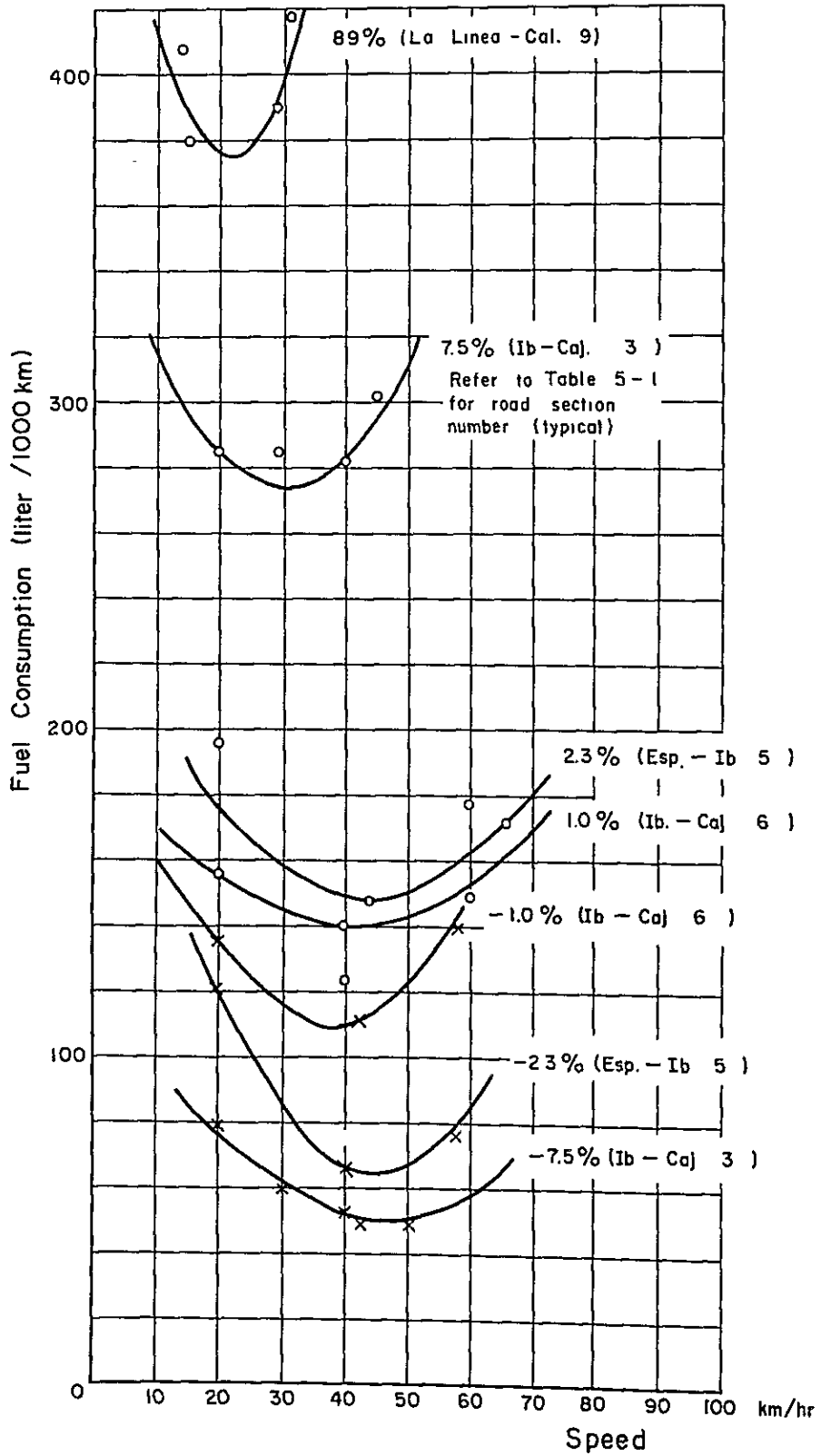


Fig. 5-5 Fuel Consumption by Operating Speed  
(D-600 with cargo)

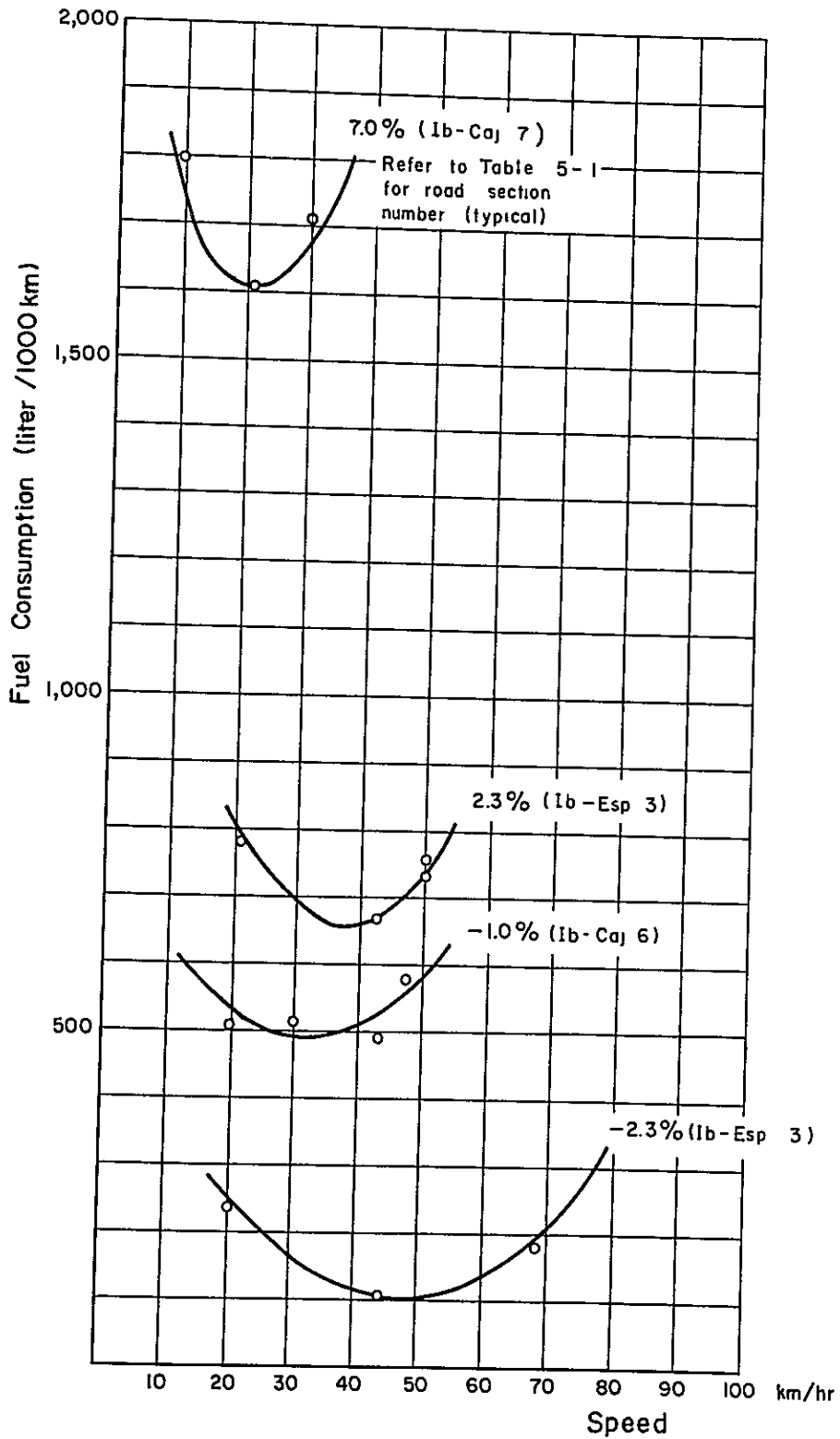


Fig. 5- 6 Average Operating Speed and Optimum Speed  
(D - Dart)

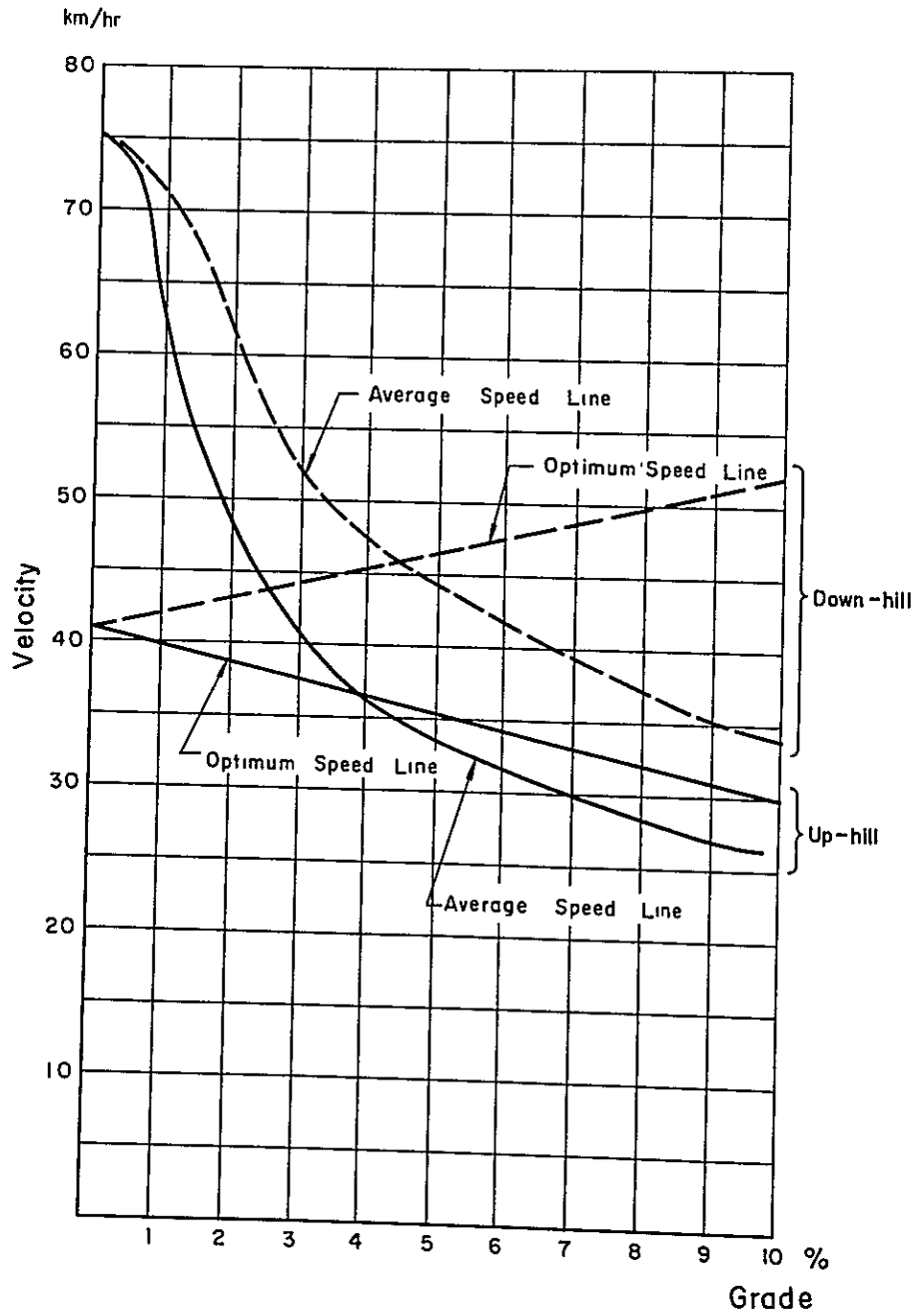
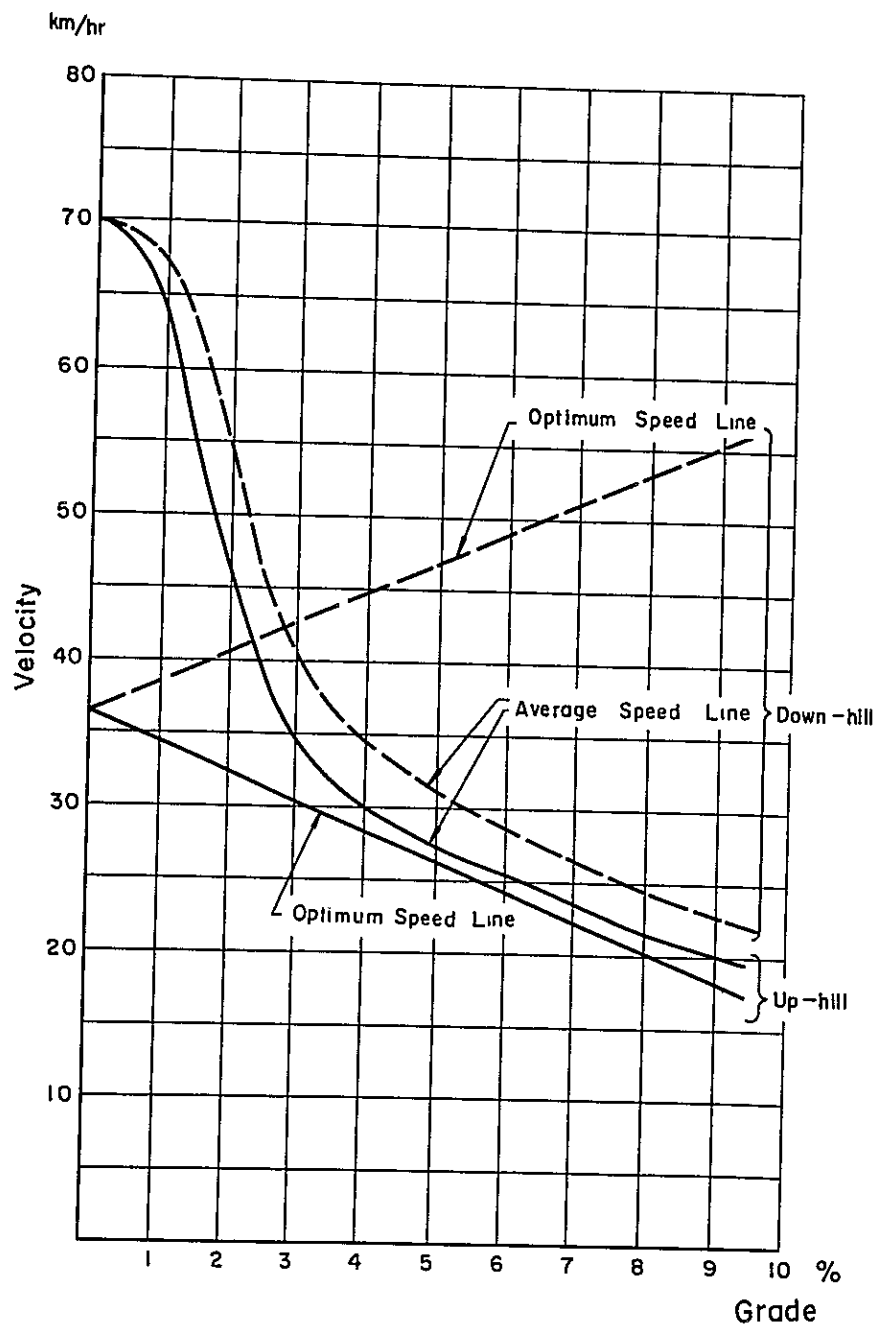


Fig. 5-7 Average Operating Speed and Optimum Speed.  
(D-600 with cargo)



## 5-2 走行速度調査

走行速度調査の主な目的は、車の走行速度分布についての基礎資料を特にMelgar～ Buga間の山岳区間で得ることである。既に明らかにされている様に、走行速度に大きな影響を与えるものは車の特性と道路の縦断及び平面線型である。したがって本調査ではこれらの関連性を把握することに努めた。

走行速度としては車種別の平均走行速度（ある区間に於る個々の車の走行速度を平均したもの）を求めることとした。

### 5-2-1 調査の実施

走行速度調査は前述の燃料消費調査に於て設定された道路区間を利用して行った。この結果調査区間はEspinal～ Calarca間の28区間となった。調査はMOP Tと周辺地域の住民の協力を得て、1980年9月22日から10月1日の間の8日間にわたって実施した。測定は次のような方法で行なわれた。まず最初に調査すべき連続した4つの区間を設定し、各区間の両端に測定要員を配置する。各測定地点で通過する車の車種とプレートナンバーおよび通過時間を記録する。こうして最初の2時間の記録が終ると、反対方向の車について次の2時間にわたって記録する。これらの観測が終ると測定要員は次の4区間へ移動し、同様の調査を継続する。以上の観測を8日間続け、その記録を用いて同じプレートナンバーを見つけることによりその車の走行速度が算定できる。

### 5-2-2 調査結果

Annex Fig 5-1 は代表的な山岳部の区間において観測された走行速度の累積分布を示したものである。図上、各車種ごとの平均走行速度はほぼ50%付近に位置している。

Annex Table 5-2に車種別の平均走行速度を各区間ごとに算定した結果を示した。この平均走行速度と各区間が持っている縦断勾配との関係を見るためにグラフ上にプロットしたものが、Annex Fig 5-2～Annex Fig 5-5である。

これらの図に於て、勾配が0%（即ち平坦）の道路に於る平均速度は勾配が1%の時の観測された速度を考慮して次のように設定した。

乗用車類	: 75 km/hr
バス類	: 75 "
トラック（2軸）	: 70 "
トラック（3軸以上）	: 60 "

これらの図から以下の事項がわかる。

- (1) 同じ勾配区間でも軽車両の方が重量車よりも速度のばらつきが大きく、このことから重量車より軽車両による追い越しが多く生じていると推察される。
- (2) 重量車間でも速度にある程度のばらつきがある。これは積載貨物量や、車の性能の差異によるものである。したがって重量車による追い越しも生じていることがわかる。
- (3) オランダのNEIによる調査結果と比較してみると、今回の調査結果の方がNEIによ

るものよりも全般的に少し低い速度になっている。これは2つの調査が実施された時の道路の特性の差異、特に視距の違いによるものと推察される。

(4) 平面線型の差異や、高度の差異によっても走行速度は異なると考えられるが、今回の調査結果においては明確な関連性を引き出すことができなかった。

### 5-2-3 交通量増加に伴う走行速度の減少

一般によく知られている様に、交通量が増大すれば走行速度は減少する。米国の Highway Capacity Manual (H.C.M) は北部アメリカに於る観測をもとに、交通量と走行速度との関係を幾つかの例で示している。しかし、これらの関係はコロンビアの道路、特にプロジェクト対象道路には適用することができない。それはH.C.Mでは比較的平坦かつ直線的な道路を主として対象としているためである。したがってここでは山岳部に於る交通量と走行速度の関係を調べることにした。

第7章において詳述されるように、本プロジェクトの改良計画案は Ibague~Calarca間に集中しているので、ここでもこの区間を対象として分析することとした。前項5.2で述べた走行速度の観測結果は主としてIbague~Calarca間のものであるが、H.C.Mで限定されている自由走行状況下の速度であると考えられる。これはこの区間においては交通量が容量に比べて、まだ低い状況にあるためである。しかし、将来の交通需要の増大に伴って、交通量が容量に近づくと走行速度が低下することは充分予測されることである。

交通量の増加による走行速度の低下は、Annex5.3で述べる追い越しの概念を用いて推定した。平均車頭間隔と追い越しに必要な距離を比較した時、もし前者が後者よりも大きければ追越し視距が確保されている所では追い越しが可能である。この場合、速い車は自由走行状態と同じ速度で走ることができる。逆にもし追い越しが不可能ならば、速い車は遅い車の後を状況が変わる迄、追従することになる。したがってある交通量の下で、追い越しが可能かどうかを調べることにより、走行速度の低下を推定することができる。

例えば、7%の勾配をもつ区間に於る走行速度の減少は以下のように求められる。Ibague~Calarca間の交通量は第4章で示されたように1995年で4053台/日と予測されている。日中12時間の平均時間交通量は207台/時である。ここで、

$$Q = V \cdot d = 2V / L_a$$

Q : 時間交通量 (台/時)

V : 平均走行速度 (Km/時)

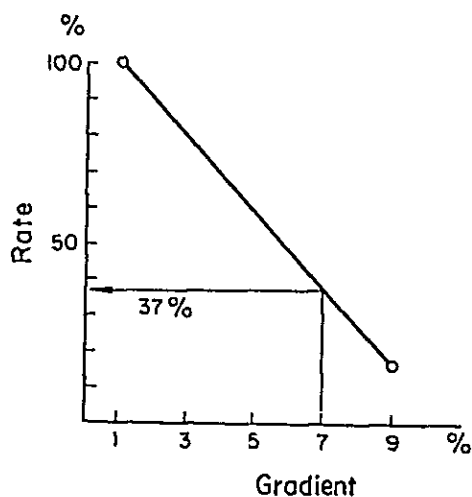
d : 平均密度 (台/Km)

L<sub>a</sub> : 平均車頭間隔 (Km)

を用いれば、勾配7%の時の平均車頭間隔は271mと算定される。追越し視距が確保されている割合は地形条件によって大きく左右され、一般的に山岳部では低く、平坦部では高くなっている。

La Linea ~ Calarca 間では、この割合は 17.5% であった。この区間の平均勾配は約 9% であることから、勾配 9% の時の追越視距の確保されている割合を 17.5%、勾配 1% の時の割合を 100%、更にこの間に於ては直線的に変化すると仮定すると Fig 5-8 に示されるようになる。

Fig 5-8 追い越し視距が確保されている割合



Annex Fig 5-2 ~ Annex Fig 5-5 によって車種別の現在に於る平均走行速度がわかるから、勾配 7% の速度を読み取り、追い越しに要する距離を算定すると Table 5-4 に示される通りである。

Table 5-4 追い越しに要する距離

(単位: m)

		被追い越し車		
		Bus	T2	T3
追い越し車	Automobile	588 *	241	163
	Bus	-	443 *	229
	T2	-	-	377 *

T2 : トラック (2軸)

T3 : トラック (3軸以上)

上表において\*を付したものは、それに対応する2つの車種間で追い越しが不可能であることを示す。



この結果1995年に想定される交通量に対して、平均走行速度を求めると、乗用車類では

$$V_a = 35 \times 0.367 + 27 \times 0.098 + (0.37 \times 35 + 0.63 \times 23) \times 0.341 \\ + (0.37 \times 35 + 0.63 \times 17) \times 0.194 = 29.5 \text{ km/hr.}$$

となり、同様に他の車種についても

$$V_b = 26.6 \text{ km/hr. (バス)}$$

$$V_{T_2} = 23.4 \text{ km/hr. (2軸トラック)}$$

$$V_{T_3} = 17.1 \text{ km/hr. (3軸以上トラック)}$$

と算定される。

同様に他の勾配に対する平均走行速度が求められ、その結果をTable 5-5に示した。

Table 5-5 Average Speed in Km/hr on the Road  
between Ibaguè - Calarcá

		Grade				
		1%	3%	5%	7%	9%
Passenger Cars	1980	69	48	40	35	31
	1995	67	45	36	30	24
Buses	1980	68	44	36	31	27
	1995	66	41	32	27	22
Trucks with 2 axles	1980	66	38	29	25	21
	1995	65	36	28	23	19
Trucks with 3 or more axles	1980	52	31	23	18	14
	1995	51	30	22	17	13

### 5-3 交通容量の分析

#### 5-3-1 算定方法

米国の Highway Capacity Manual (H.C.M) は交通容量の算定上、最も信頼できる基準として広く知られている。しかし、この基準は北部アメリカの道路に基づいたものであり、急勾配かつ曲線半径の小さいカーブを多く含むコロンビアの道路にそのまま適用することは不可能である。

したがってコロンビアの公共事業省 (MOPT) はコロンビアの道路の実情にあった方法を見い出すことに努めて来た。

これらのうち、MOPTの交通容量についてのあるドキュメント<sup>1)</sup>が非常に有用な方法を提案している。

これとは別に、我々は交通容量を算定する新しい方法を見い出すことに努めた。この方法

は追い越しという概念を導入してHCMでいうところのサービスレベルCにおける交通量を推定し、容量を設定しようとするものである。

具体的な方法論及びその適用方法はAnnex5-1に示した。この方法と上述のMOP Tのドキュメントによる方法をプロジェクト道路に適用した結果、ほぼ同様な算定結果が得られることがわかった。

急カーブ部分に於て、反対方向の車に出会った時、片方が通り過ぎる迄待たされるという状況はプロジェクト道路ではよく見うけられるものである。これは主として大型車同士がすれ違うのに十分な巾員を持たないカーブ部分で起る。

上述の2つの容量算定方法はどちらも定常的な、乱されない交通流を仮定したものであるので、このようなカーブ部分のストップは考慮に入っていない。しかし、将来の交通量の増大につれて、このようなストップは当然増加するものと考えられこれを考慮に入れて容量を算定すべきであると考えられる。したがって、現実的な交通容量の算定にあたっては、上記の分析に加えて、曲線半径の小さいカーブによる容量の低下をも考慮することとした。

容量低下の算定方法はAnnex5-2に示した。

#### 5-3-2 Melgar ~ Buga 間の道路交通容量

プロジェクト道路であるMelgar ~ Buga 間の現道の交通容量は、上述の方法を適用して次のような手順で算定した。

- (1) まず最初にMelgar ~ Buga 間の現道を次のTable 5-6に示すように15区間に分けた。
- (2) 各区間の道路特性に対応する走行速度をMOP Tの上述のドキュメントにあるFig 4, Fig 5から読み取る。
- (3) サービスレベルCにおける交通量は上述の方法を用いて算定される。
- (4) 道路巾員や側方余裕に対する調整係数をHCMのTable 10.8から見出す。  
時間交通量のピーク率を7%とすれば、日交通容量が算定できる。
- (5) すれ違いの不可能なカーブは第7章に記述されているので、これらによる容量低下を算定する。

以上の手順を経てTable 5-7に示される様に各区間の交通容量が算定された。この表には現況の容量と共に第7章で述べられる改良計画案を実施した場合の容量も併記している。

現況のMelgar ~ Buga 間の交通容量は各区間の道路特性によって大きく変化し、最大容量を示す区間は4車線をもつMirolindo ~ Ibague間の37,000台/日である。また、平坦部では約11,000台/日程度の容量をもっているが、山間部に入ると5,000台/日程度に減少し、

Table 5-6 Road Sections

No.	Section	Ave. Grade	Ave. Road Width
1.	Melgar - Girardot	1.8%	2.0 m + 7.2 m + 2.0 m
2.	Girardot - Espinal	1.2	"
3.	Espinal - Mirolindo	2.0	"
4.	Mirolindo - Ibague	2.6	1.5m + 7.2m + 2.0 m + 7.2 m + 1.5m
5.	Ibague - Coello (K56) (K65)	5.8	1.0 m + 7.2 m + 1.0 m
6.	Coello - K73	5.7	"
7.	K73 - Cajamarca (K90)	5.5	"
8.	Cajamarca - K104.3 (K90)	5.0	"
9.	K104.3 - La Linea (K113.5)	8.2	"
10.	La Linea - K124.5 (K114)	8.8	"
11.	K124.5 - Calarca (K135)	7.4	"
12.	Calarca - La Espanola	1.7	2.0 m + 6.0 m + 2.0 m
13.	La Espanola - Sevilla	3.1	"
14.	Sevilla - Uribe	3.8	"
15.	Uribe - Buga	1.3	2.0 m + 7.2 m + 2.0 m

中央山脈の頂上にあたるLa Linea～Km124.5では最低の4600台/日となっている。

改良計画案の実施による交通容量への影響は一般的に小さい。これはこれらの計画案が非常に部分的なものであり、各区間全体にとって根本的な線型改良にはなっていないためである。

その中でも、比較的容量増加に貢献する改良計画案は、Coello～Km7.3の区間における各案と、Km7.3～Cajamarca間の中規模改良計画案であり、容量は現況に比べて10～30%の増大が見込まれる。

Fig 5-9は上表に示された現況の交通容量と2000年に想定される交通量を比較したものである。

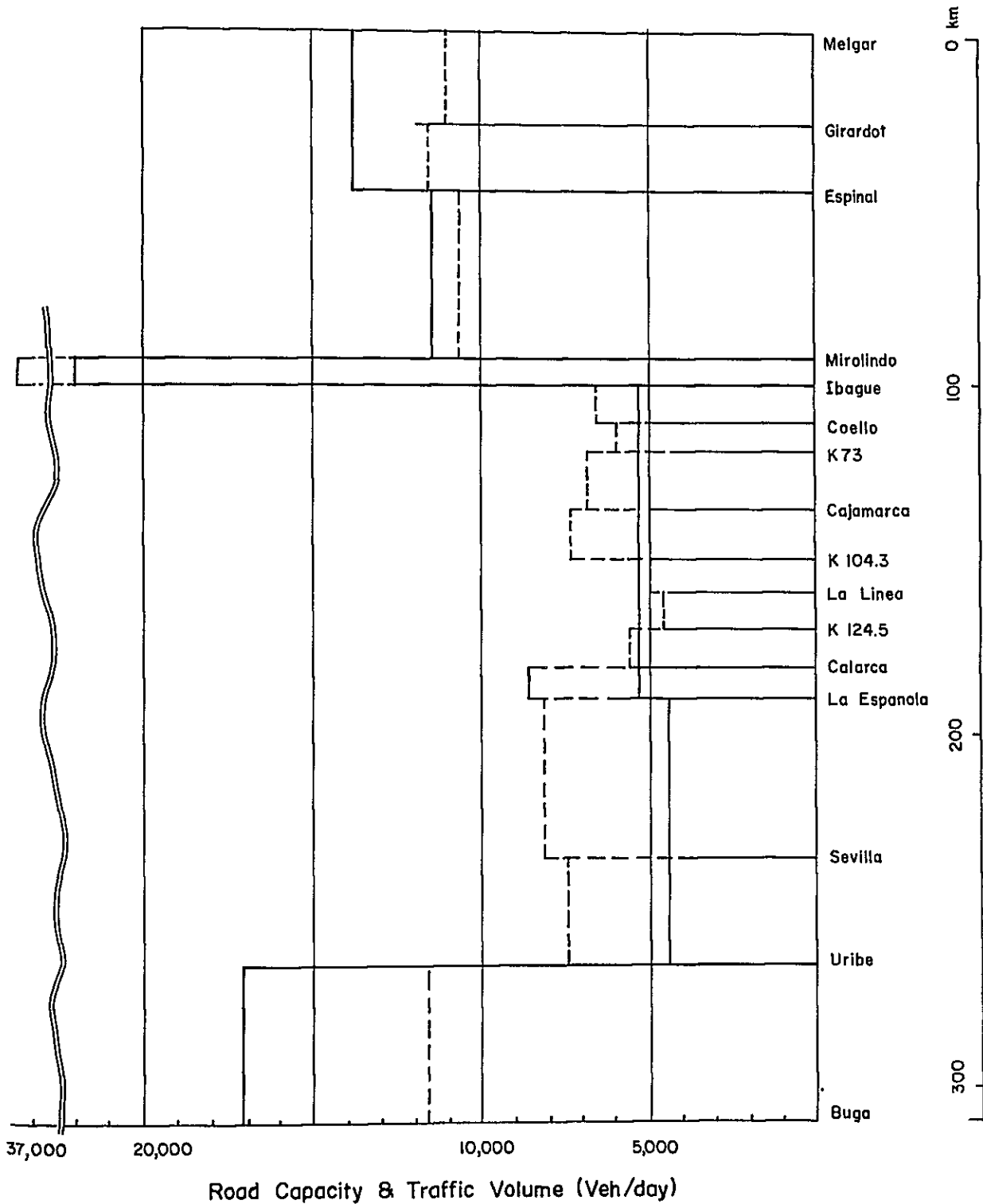
図からわかるように現道のいくつかの区間で容量が不足している。

Table 5-7 Road Capacity (Veh/day)

Road Section	Existing Status	P-2 2)	P-3 2)
1. Melgar - Girardot	11,000		
2. Girardot - Espinal	11,600		
3. Espinal - Mirolindo	10,700		
4. Mirolindo - Ibague	37,000		
5. Ibague - Coello	6,500	6,600	6,600
6. Coello - K73	5,900	6,600	6,900
7. K73 - Cajamarca	6,800	6,900	8,700
8. Cajamarca - K104.3	7,300	7,400	7,300
9. K104.3 - La Linea	5,000	5,100	
10. La Linea - K124.5	4,600	4,700	
11. K124.5 - Calarca	5,500	5,600	
12. Calarca - La Espanola	8,700		
13. La Espanola - Sevilla	8,100		
14. Sevilla - Uribe	7,400		
15. Uribe - Buga	11,600		

Note 2): Alternative Improvement Plans  
P-2: Minimum Scale Improvement  
P-3: Medium Scale Improvement

Fig. 5-9 Traffic Volume and Road Capacity



- Traffic Volume in 2000 (veh/day)
- Road Capacity in Existing Status (veh/day)

Melgar ~ Mirolindo 間および KM104.3 ~ K124.5 間では 2000 年の交通需要は交通容量を少し上まわることが推定されるが、もしサービスレベルの少々低下を認めるなら、追加車線の建設は急を要するものではないということが言える。

交通容量の不足は特に Uribe ~ Buga 間に限って大きなものとなっている。したがって、この区間に於ては 2000 年迄には 2 車線の追加建設を行なう必要がある。

### 5-3-3 急カーブに於けるストップ回数の推定

ここでは、第 7 章で取り上げられた改良計画案による効果を便益として算定するために、同時にすれ違えない急カーブで起るストップ回数を求めることとした。

この推定にあたっては次のような手順で 1 日当りのストップ回数を求めた。

まず最初にすれ違いの不可能なカーブをすべて取り上げるとともに、どういう組み合わせの車種の時にすれちがい不可能であるかを明らかにしておく。次にすれちがいの不可能な各車種ごとにカーブに於るストップの生起確率を次式によって算定する。

$$P_t = 2l \cdot N \cdot r_s / L$$

ここに  $P_t$  : 車種  $t$  のストップ生起確率

$l$  : カーブ長

$N$  : ある道路区間  $L$  にある車の台数

$r_s$  : 車種  $S$  の構成比

$L$  : 道路区間長

上式に於て、車種  $t, s$  はすれ違いの不可能な組み合わせになっている。(なお、詳細な式の説明は Annex 5-2 を参照)。したがって総ストップ回数は次式によって求められる。

$$N_t = t \times Q \times r_t \times P_t$$

ここに  $N_t$  : 車種  $t$  の総ストップ回数

$Q$  : 日平均交通量

$r_t$  : 車種  $t$  の混入率

また、前を走っている車がカーブ部分でストップし、後続車がこれによってストップする状況も考慮に入れると、総ストップ回数は次式で求められる。

$$N_t' = N_t + r_s \cdot f\left(t_0 / \left(\frac{la - a - d}{V}\right)\right) \sum_{t=1}^k N_t$$

但し  $t_0$  : カーブにおける待ち時間

$V$  : カーブ部分の通過速度

$la$  : 平均車頭間隔

$a$  : 重量車の平均車体長

$d$  : 停止距離

$k$  : カーブでストップする可能性のある車種の数

$f(x)$  : 整数関数  $x < 1$  なら  $f(x) = 0$   
 $1 \leq x < 2$  なら  $f(x) = 1$  等

上記の計算の結果、現道の Ibague~Calarca間で、このようなストップが起るカーブの数は合計102個存在し、これらに於る総ストップ回数はTable 5-8のように求められた。

Table 5-8 現況における総ストップ回数

Year	1983		1995	
	Truck & Bus	Tractomula	Truck & Bus	Tractomula
Total Frequency	713	827	2,508	3,476

なお、各カーブごとのストップ回数はAnnex Table 5-3に示した。

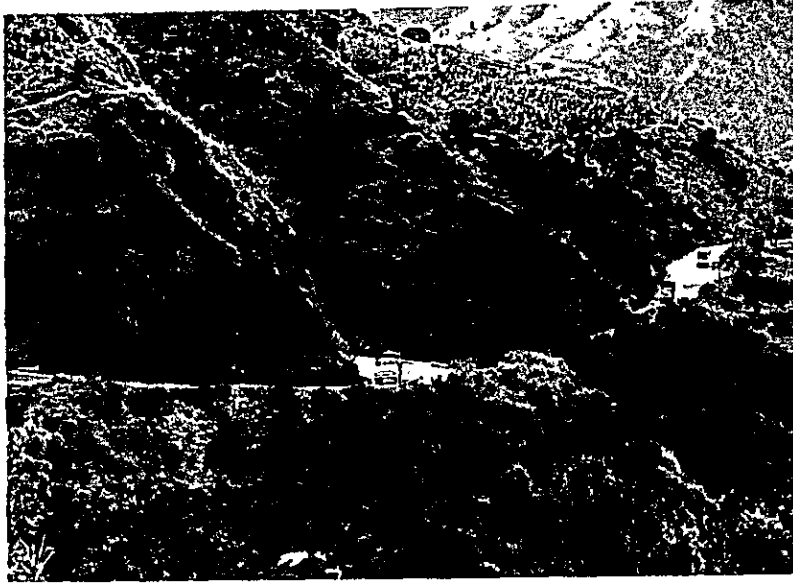


Photo 5-1 Traffic Condition of Project Road



Photo 5-2 Traffic Accident at Sharp Curve



## 第6章 プロジェクト道路の現況



## 第 6 章 対象道路の現況

### 6-1 概 要

対象道路は、コロンビアの首都BogotaとBuenaventura港を結ぶ約500Kmの国道の中で、中央山脈を越える延長約310Kmの部分である。

この310Kmの部分がこの調査の対象である。

対象道路の起点のMelgar (メルガル)はRio Magdalena (リオ・マグダレナ)の流域平野に位置し、海拔約320mの標高である。一方、対象道路の終点のBuga (ブガ)は、Rio Cauca (リオ・カウカ)の流域平野に位置し、海拔約980mの標高である。中央山脈の難所を越える区間は約80Kmの延長で、Ibague (イバゲ) (標高1200m)とCalarca (カルルカ) (標高1570m)を結んでいる。その最高標高は3264mである。

この道路の線形は、数多くの急カーブと急勾配の区間を含んでいる。道路は一部4車線の区間を除いて大部分2車線である。道路はアスファルトコンクリートで舗装されていて、現在大部分はコロンビア政府によってリハビリテーションが実施されている。

この調査から導き出される改良計画の規模は、このリハビリテーションの完了の後の道路のサービス水準に大きく関連している。対象道路はMOP Tによって、次の区間に分類されている。

Melgar - Espinal	: Route No 007 (Bogota - Neiva Road)	44 Km
Espinal - Uribe	: Route No 050 (Espinal - Uribe Road)	219 Km
Uribe - Buga	: Route No 046 (Cartago - Cali Road)	44 Km
	計	307 Km

道路防災の面から見ると問題はIbague - Calarca区間に集中していて、盛土法面側の一部の擁壁を除いて切土法面側には、ほとんど保護工がなされていない。その結果、強い降雨の後至る所で、落石、斜面崩壊がいつも発生している。地すべり地帯では、ごく一部で水平ボーリングが水抜きのために施されているほかには、何の根本的対策も施されていない。

### 6-2 道路幾何構造

#### 6-2-1 幾何構造基準

コロンビアにおける幾何構造基準は、AASHTOの仕様書にしたがって1970年に定められた。その基準は交通量と地形をパラメータに取るものであって、Table 6-1とTable 6-2に示されている。

Table 6-1は新道の幾何構造基準を示すのに対して、Table 6-2は現道改良に適用されるものである。

Table 6-1 Geometric Design Criteria for Construction of New Road

Group	Light Traffic												Medium Traffic												Heavy Traffic											
	TL-1				TL-2				TH-3				TH-4				TP-5				TP-6															
	-250				250-500				500-1,000				1,000-2,000				2,000-5,000				5,000-															
Future Traffic (VPD)	SH	H	R	P	SH	H	R	P	SH	H	R	P	SH	H	R	P	SH	H	R	P	SH	H	R	P	SH	H	R	P								
Terrain	12	14	16	18	22	24	26	28	32	34	36	38	42	44	46	48	54	56	58	60	64	66	68	70	72	74	76	78								
Classification INDEX	40	50	60	70	40	50	60	70	40	50	60	70	40	50	60	70	40	50	60	70	40	50	60	70	40	50	60	70								
Design Speed (km/h)	6.00				6.00				7.00				7.00				7.00				7.00															
Roadway (m)	6.00				6.00				7.00				7.00				7.00				7.00															
Shoulder (m)	0.50	1.00	1.50	1.00	1.00	1.50	1.00	1.50	1.50	2.00	1.50	2.00	2.00	2.50	2.00	2.50	2.50	3.00	2.50	3.00	3.00	3.50	3.00	3.50	3.50	4.00	3.50	4.00								
Carriageway	7	8	8	9	8	8	8	9	9	9	9	10	10	10	10	11	11	12	12	13	12	13	13	14	14	15	15	16								
Separator (m)	8	7	6	5	7	6	5	4	6	5	4	3	5	4	3	2	4	3	2	1	3	2	1	0	2	1	0	0								
Max. Gradient (%)	5	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	10	8	9	10	11	9	10	11	12	10	11	12	13	11	12	13	14								
Min. Radius (m)	50	80	120	180	50	80	120	180	50	80	120	180	50	80	120	180	50	80	120	180	50	80	120	180	50	80	120	180								
Max. Superelevation (%)	10	9	8	7	10	9	8	7	10	9	8	7	10	9	8	7	10	9	8	7	10	9	8	7	10	9	8	7								
Min. Length (m)	20	30	40	50	20	30	40	50	20	30	40	50	20	30	40	50	20	30	40	50	20	30	40	50	20	30	40	50								
Passing Parameter Kv=L/A(m/Z)	4	9	14	20	4	9	14	20	4	9	14	20	4	9	14	20	4	9	14	20	4	9	14	20	4	9	14	20								
Min. Length (m)	20	30	40	50	20	30	40	50	20	30	40	50	20	30	40	50	20	30	40	50	20	30	40	50	20	30	40	50								
Passing Parameter Kv=L/A(m/Z)	8	12	15	18	8	12	15	18	8	12	15	18	8	12	15	18	8	12	15	18	8	12	15	18	8	12	15	18								
Passing Distance (m)	220	280	320	370	220	280	320	370	220	280	320	370	220	280	320	370	220	280	320	370	220	280	320	370	220	280	320	370								
Passing Opportunity in 5 mm	2				2				20Z				40Z				60Z																			
Structure Width (m)	8				8				9				9				10																			
Construction Gauge (m)	4.60				4.60				4.60				4.60				4.60																			

See Legend in Table 6-2

Geometric Design Criteria for Existing Road Improvement  
Table 6-2

Group	Light Traffic												Medium Traffic												Heavy Traffic											
	TL-1				TL-2				TL-3				TL-4				TL-5				TL-6															
	-250				250-500				500-1000				1000-2000				2000-5000				5000-															
Future Traffic (VPD)	SH M R P				SH M R P				SH M R P				SH M R P				SH/M R P				SH/M R P															
Terrain	11 13 15 17				21 23 25 27				31 33 35 37				41 43 45 47				53 55 57				63 65 67															
Classification Index	30 40 50 60				30 40 50 60				30 40 60 80				30 40 60 80				40/60 60/80 80/100				40/60 60/80 80/100															
Real Velocity (km/H)	5.00				5.00				6.00				6.00				7.00				2 x 7.00															
Shoulder (m)	0.50 0.50 1.00 1.00				0.50 0.50 1.00 1.00				1.00 1.00 1.50 1.50				1.00 1.00 1.50 1.50				1.50 2.00 2.50				Right - 2.00 Left - 0.50															
Carriageway (m)	6.00 6.00 7.00 7.00				6.00 6.00 7.00 7.00				8.00 8.00 9.00 9.00				8.00 8.00 9.00 9.00				10.00 11.00 12.00				2 x 9.50															
Separator (m)	No				No				No				No				No				No															
Max. Gradient (%)	12 10 8 6				12 10 8 6				12 10 8 6				10 8 6 4				8 6 4				8 6 4															
Min. Radius (m)	25 40 80 120				25 40 80 120				25 40 120 220				25 40 120 220				220 40/120 120/220				220/450 120/220 450															
Max. Superelevation (%)	10 10 8 8				10 10 8 8				10 10 8 8				10 10 8 8				10/8 8/6 6/4.5 10/8				8/6 6/4.5															
Min. Length (m)	40 40 40 40				40 40 40 40				40 40 40 40				40 40 40 40				40 40 40 40				40 40/60 60/80															
Parameter Kv-L/A (m/%)	15 15 15 15				15 15 15 15				15 15 15 15				15 15 15 15				15 15/25 25/35 15				15 15/25 25/35															
Min. Length (m)	40 40 40 40				40 40 40 40				40 40 40 40				40 40 40 40				40 40/60 60/80 40				40 40/60 60/80															
Parameter Kv-L/A (m/%)	15 15 15 15				15 15 15 15				15 15 15 15				15 15 15 15				15 15/25 25/35 15				15 15/25 25/35															
Stopping Sight Distance (m)	30 50 60 80				30 50 60 80				30 50 80 140				30 50 80 140				50/80 80/140 140				50/80 80/140 200															
Passing Sight Distance (m)	150 240 300 360				150 240 300 360				150 240 360 480				150 240 360 480				240 360/480 480				240 360/480 480															
Passing Opportunity in 5 Km	2				2				20%				20%				40%				-															
Structure Width (m)	6				6				8				8				9				2 x 9.50															
Construction Gauge (m)	4.60				4.60				4.60				4.60				4.60				4.60															

Note: SH: Steep Mountainous  
M: Mountainous  
R: Rolling  
P: Plain

対象道路は幾何構造設計基準が制定される以前に建設され1967年に舗装されたものである。過去小規模な改良が行なわれては来ているが、まだ、現在の幾何構造基準と対象道路の幾何構造はマッチしていない。Ibague - Calarca 区間については、Table 6-3の幾何構造によると、大型車両は、日交通量が2,600台/日であるにもかかわらず、30Km/hの設計速度よりはるかに低い速度での走行と強いられているようである。同表はまた現道の幾何構造は丘陵部でコロンビアの幾何構造基準の中に記述されている最低設計速度30Km/hよりも下回っていることを示している。

しかしながら、縦断勾配は設計速度30Km/hの最大10%以内にだいたい収まっている。一方、平面線形について見ると、設計速度30Km/hの時の最小25mより小さな半径の曲線が約100あって、非常に悪い線形であることを示している。

現在の幾何構造設計基準に合うようにするためには、丘陵部の道路の線形は設計速度40Km/hで、最小曲線半径40m、最大縦断勾配は8%にする必要がある。これらの条件を満たすには、現道とは全く異なった線形の道路を建設することが必要となる。実際に全く新しい線形の道路となるので、現在のところ、経済的にフィージブルとはならないであろう。したがって、実現可能な改良案を提示するには、幾何構造設計基準を緩和することが必要となろう。

Fig 6-1は、現道の横断構成を示している。車道巾員はCalarca - Uribe 間の6.0mを除いて7.0 - 7.2mである。現道は、Ibague - Calarca 間で両側に1mずつ路肩を舗装中であることを除いて、両側に2.0mずつのソフト・ショルダーを有している。

## 6-2-2 各区間の概要

### (1) Melgar - Ibague (99.5 Km)

この区間は平地部と丘陵部を通過する。一般に線形は良好であるが、次のことが指摘される。

- 1) Melgar - Chicoral 区間は、Girardotを通過して、ドッグレッグしているので、非常に遠回りのルートとなっている。
- 2) GirardotとEspinalの市街部でひどい交通混雑が見られる。
- 3) Espinal - Ibague間のKm 23 ~ Km 26では交通事故が多発している。
- 4) 都市部と通過するMirobindo - Ibague間では、道路は4車線に拡がり、その延長は3Kmとなる。Ibagueでは、この道路は都心部の近くを通過し、街路の役割をも有している。

### (2) Ibague - Calarca (78.8 Km)

この区間の道路は起伏の多い山岳地帯を通過して、La Lineaでは、最高海拔3,264mに達する。

一般的にこの区間は、Fig 6-2, Annex Table 6-1に示すように貧弱な線形を有している。NOPTは1979-1981年かけ、リハビリテーション(舗装のオーバーレイ、路肩の舗装、側溝の改良、擁壁の増設および改良を含む)を実施した。線形改良も道路災害対策も

TABLE 6-3 Status of Geometric Structure on Existing Road

	Horizontal	Longitudinal Gradient						Total Length
	Curve	(Km)						
	10 } 25 <sup>m</sup>	0 } 2%	2 } 4%	4 } 6%	6 } 8%	8 } 10%	10% }	
Melgar - Girardot	0	18.4	4.8	2.6	0	0	0	25.8
Girardot - Espinal	0	16.6	1.7	0	0	0	0	18.3
Espinal - Ibague	0	33.8	16.0	3.2	0.6	1.8	0	55.4
Ibague - Calarca	98	6.2	10.4	11.1	24.1	23.9	3.1	78.8
Calarca - Uribe	0	41.0	17.2	12.5	6.9	7.5	0	85.1
Uribe - Buga	0	37.1	6.5	0	0	0	0	43.6
<b>Total</b>	<b>98</b>	<b>153.1</b>	<b>56.6</b>	<b>29.4</b>	<b>31.6</b>	<b>33.2</b>	<b>3.1</b>	<b>307.0</b>
<b>%</b>		<b>49.9</b>	<b>18.4</b>	<b>9.6</b>	<b>10.3</b>	<b>11.3</b>	<b>0.5</b>	<b>100.0</b>

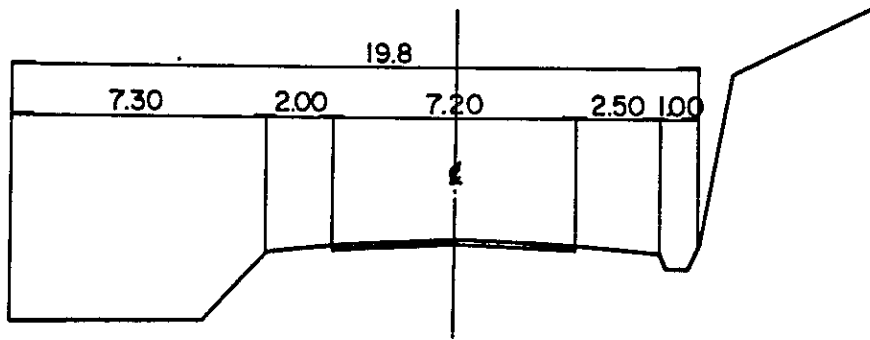
Note: Individual curves in the compound curves are added cumulatively

Source of Data

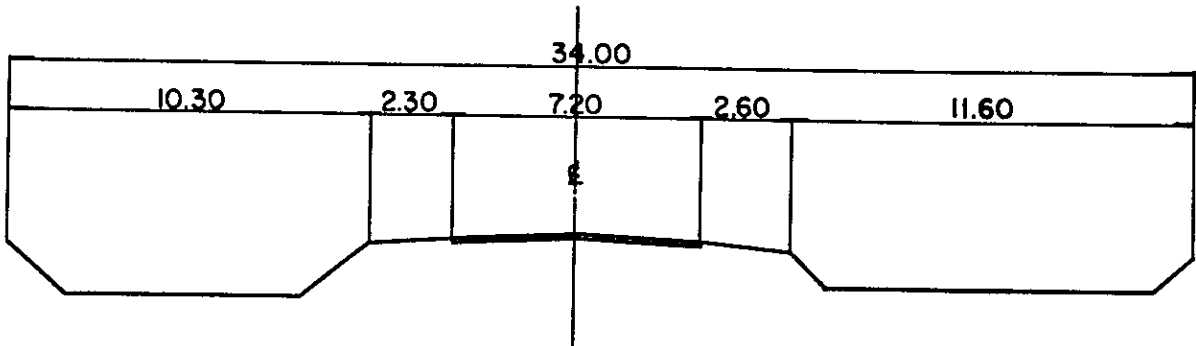
Section	Horizontal Curves	Longitudinal Gradient
Melgar - Ibague	Road Inventory in 1968 by MOPT	JICA Study Team (1/10000 Map)
Ibague - LaLinea	1/2000 MOPT Ground Survey	1/2000 MOPT Ground Survey
La Linea-Calarca	1/5000 JICA map	1/5000 JICA map
Calarca - Uribe	Road inventory in 1968 by MOPT	JICA Study Team (1/25000 Map)

Fig. 6-1 Typical Cross Section of Existing Road

Melgar - Girardot Km 112.9



Girardot - Espinal Km 132.630



Espinal - Ibagu  Km 40.0

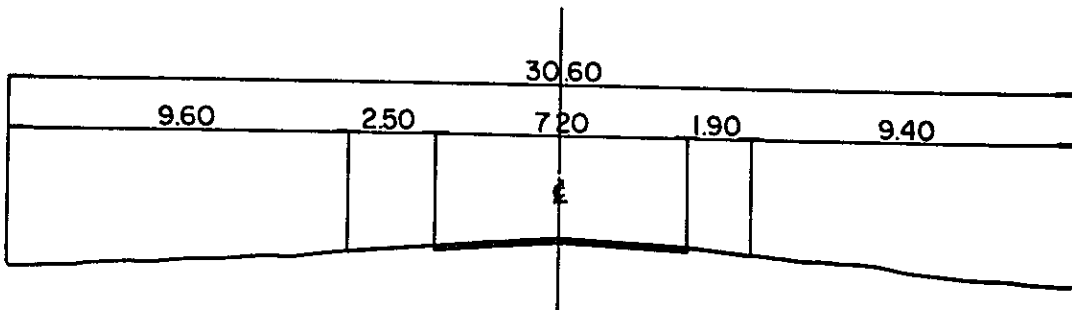
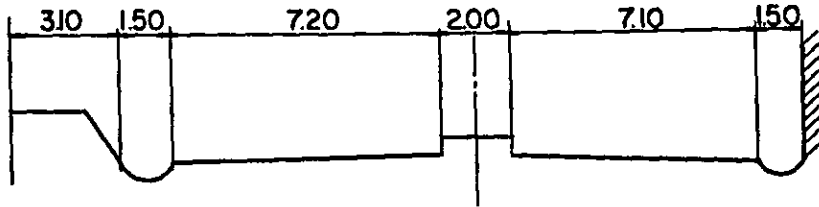
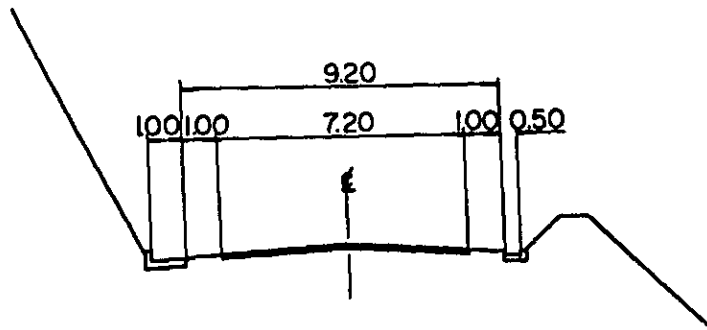




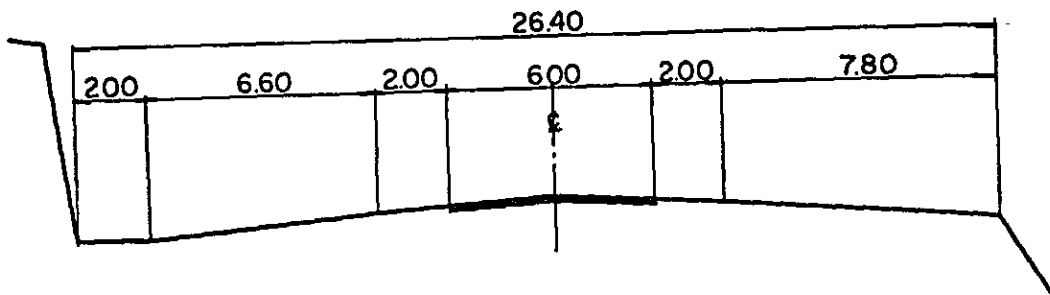
Fig. 6-1 Typical Cross Section of Existing Road (Cont'd)  
 Miro lindo - Ibaque Km 50.0



Ibaque - Calarca Section



Calarca - Uribe Km 167.0



Uribe - Buga

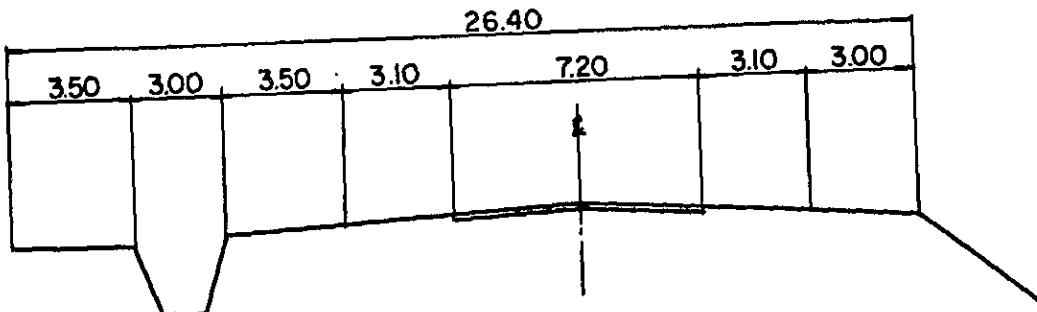
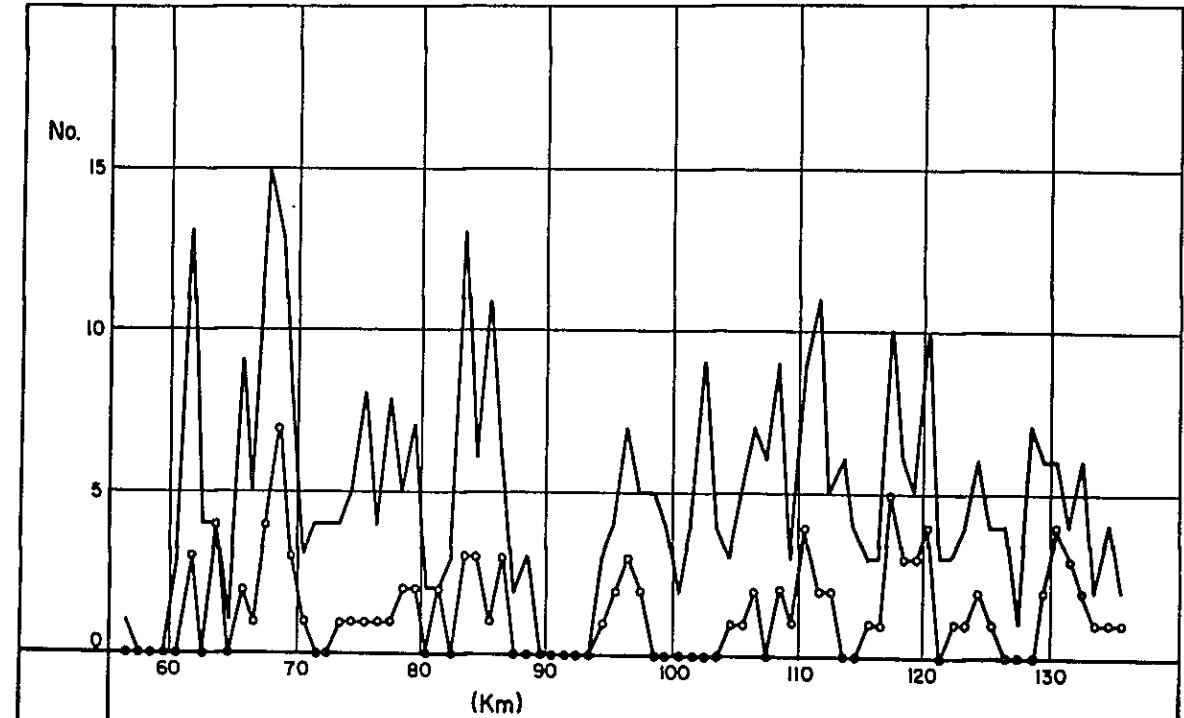


Fig. 6-2 Existing Status of Geometric Structure by km Between Ibagué - Calarca

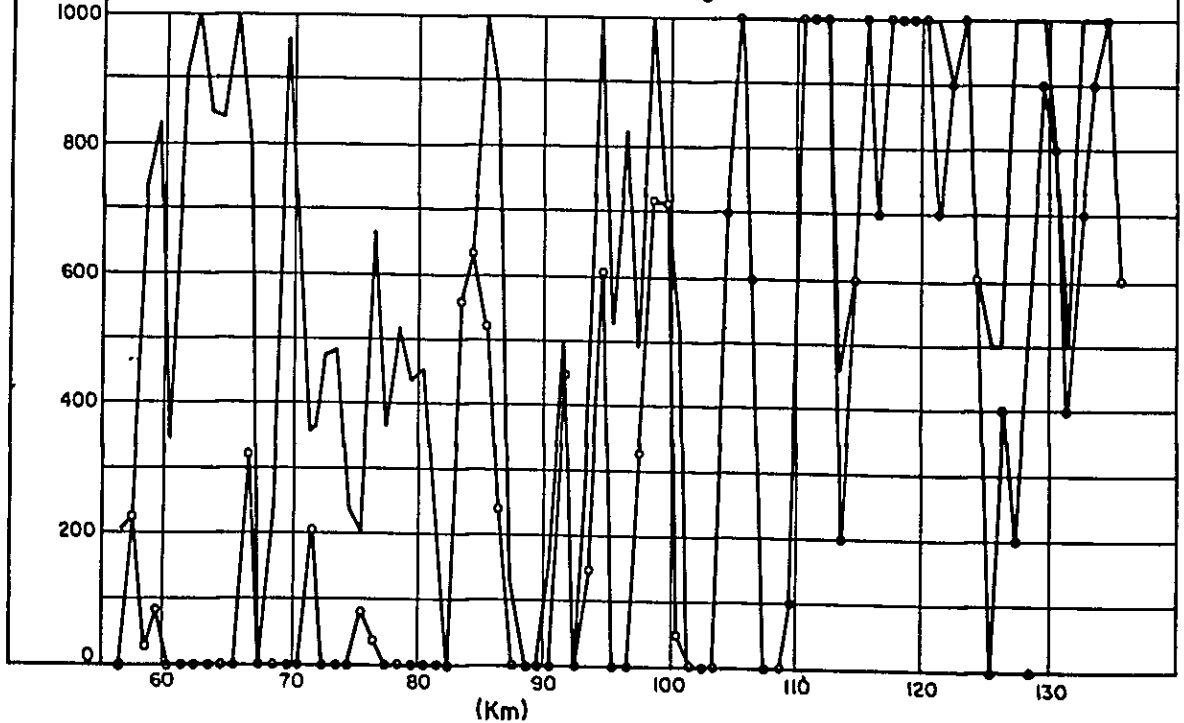
(a) Horizontal Curve Distribution by km

- No of Curves with radius of curvature less than 45m
- No of Curves with radius of curvature less than 25m



(b) Vertical Gradient Distribution by km

- Total distance where grade exceeds 6%
- Total distance where grade exceeds 8%



リハビリテーションプログラムの中には含まれていない。

さらに、次の観察も Ibaguè - Calarca 間に関連して述べられる。

1) 30 Km/h の設計速度に規定される最小 25 m より小さい曲線半径のカーブが多くある。事実そのような曲線は非常に急であるので、大型車がお互いにすれちがえないところが多い。(Annex 7-1 "Widening of Road to Facilitate Passing of Large Vehicles at Curves" and Annex Table 7-3 (page 1-5) "Present Status of Passing Condition and Summary of Improvement Plans")。

2) 急勾配で曲線半径の小さい個所では大型トラックおよびセミトレーラの走行速度は 10 ~ 15 Km/h に減少する。

3) 制動停止視距が十分に確保されていないカーブがいくつかある。設計速度 30 Km/h で、30 m の視距を適用すれば、改良の必要なカーブが約 50 となる。

4) 防護柵の機能を果している道路。

エッジの盛り上っている土と、繁った木は見通しを悪くさせていて、設計速度 30 Km/h に必要な 150 m の追越視距を確保できない。(Fig. 6-3)。

(3) Calarca - Uribe (85 Km)

この区間では、丘陵地を通過する。線形は概して良好で交通に困難な問題を生じさせていない。1982 年には Armenia ~ Zarzal 間の道路が MOP T によって改良されるように予定されているので、Calarca ~ Uribe の現道の交通の中には、改良道路に転換するものがある。

(4) Uribe ~ Buga (43.6 Km)

この区間は、Valle 州の平地部を通過する。バイパスは既に Bugalagrande, Tulua, San Pedro で建設されている。Anda Lucia では、道路は小さな町の中心を通過しているが、今のところはバイパスは建設されていない。線形は一般的に良好である。この区間の一部では MOP T によってリハビリテーションが行なわれている。

## 6-3 舗装




### 6-3-1 設計基準

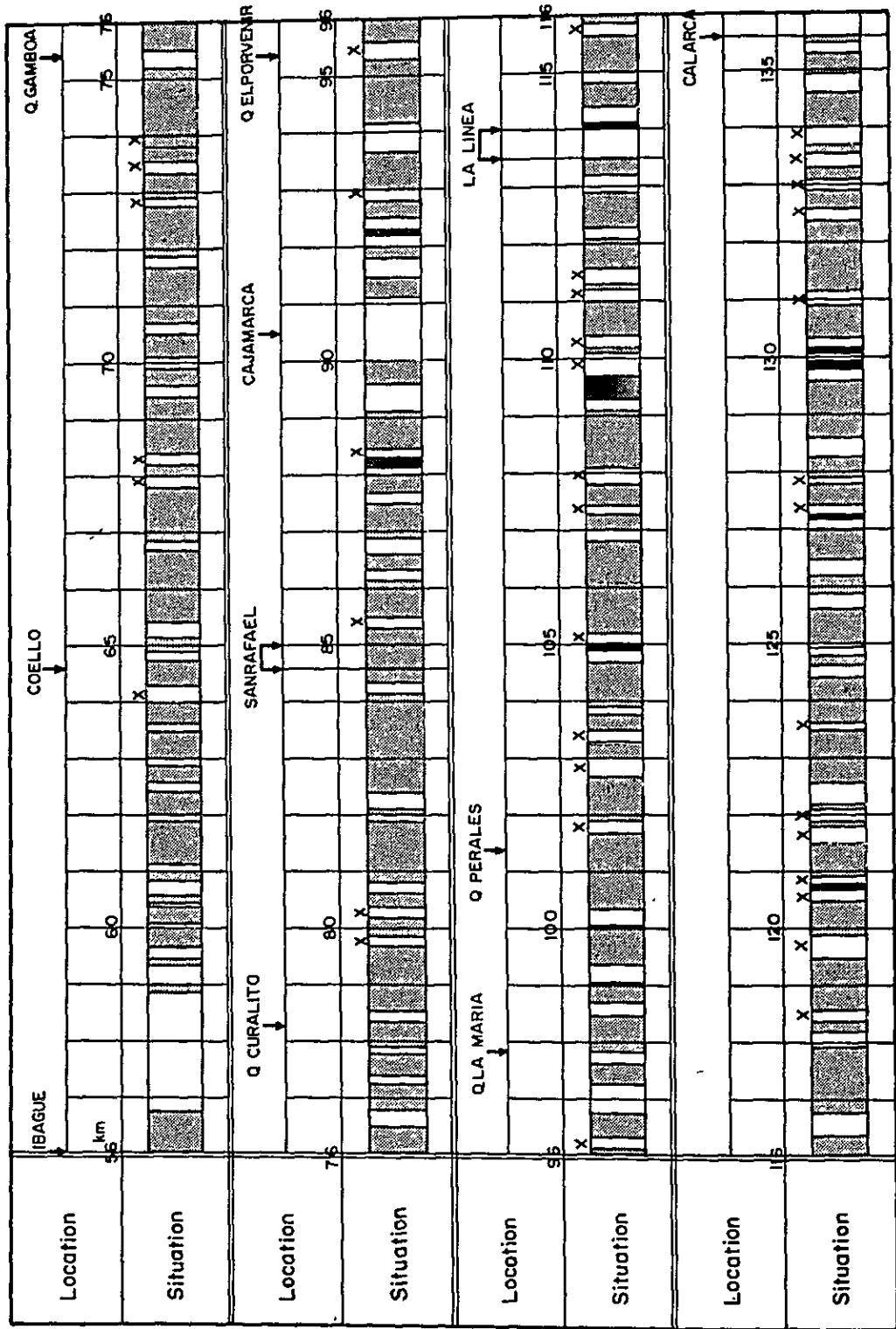
MOP T は舗装に関して 2 つの設計基準を持っている。1 つは新道用であとは現道舗装のオーバーレイ用である。

軽交通の新道建設には、MOP T はイギリスの TRRL の Road Note 29 と Road Note 31 を参考にした基準を適用している。

重交通の道路には、MOP T はアメリカの Asphalt Institute の仕様書<sup>1)</sup>を適用している。現道の再舗装の場合には、Asphalt Institute の仕様書<sup>2)</sup>が使われている。

Fig. 6-3 Survey Result of Passing Sight Distance

 Poor, not improvable  
 Good  
 Note  
 Poor, but improvable



しかしながら大抵の場合には、Manual para el Proyecto de Obras de Mejoramiento de Pavimentos Flexibles (Comision Permanente del Asfalto, Cuarto Simposio, Buenos Aires, Argentina, 1972)が使われている。

#### 6-3-2 対象道路の舗装の現況

##### (1) Melgar ~ Girardot

1977 - 1979年の間に、舗装のリハビリテーションがGirardot ~ Silvania 道路プロジェクトによって行なわれた。日常のメンテナンスの不足のために舗装端部が悪化しているところがある。

##### (2) Girardot ~ Espinal

1979 - 1980年にかけて、コロンビア政府はGirardot - Espinal道路の巾員7.2 mの再舗装を行なった。現在、舗装の両側に3.0 mのソフトショルダーの建設が進行中である。舗装の現状は一般に良好である。

##### (3) Espinal - Ibague

現在、コロンビア政府はこの区間で巾員7.2 mの再舗装を行なっている。このリハビリテーションは1979年に始まり、1982年には終る予定である。

このリハビリテーションによって、Espinal - Ibague 区間の状態は、かなり改良されるであろう。

##### (4) Ibague - Calarca

現在、コロンビア政府によるリハビリテーションが行なわれていて1981年の終り頃完了の予定である。このリハビリテーションは、二層のオーバーレイで車道巾員7.2 mを合計厚12.5 cmとするものである。既存のソフトショルダーを一層のアスファルトコンクリートで舗装することも行なわれている。現場打ちで側溝が建設されている。地下水排水のためにいくつかの区間で盲排水が設置されている。

##### (5) Calarca ~ Uribe

最近、再舗装がいくつかの区間で行なわれているので、この区間の舗装は良好である。

##### (6) Uribe ~ Buga

1980年の終り頃、コロンビア政府はUribe ~ Andalucia, San Pedro ~ Buga 間のリハビリテーションを完了した。このリハビリテーションは、次の基準によって実施された。

Uribe ~ Andalucia :

7.2 m 巾員で7.6 cmの合計厚でアスファルトコンクリートのオーバーレイ2層

San Pedro ~ Buga :

7.2 m 巾員で12.5 cmの合計厚でアスファルトコンクリートのオーバーレイ2層  
車道の両側に2.0 mの巾員の路肩を7.5 cm厚のアスファルトコンクリート一層

#### 6-3-3 メンテナンス体制

M O P Tはメンテナンスを行政区分にしたがって、4つのDistrict officeに担当させ

ている。それぞれの担当区分は次のとおりである。

(1) Melgar ~ Girardot District No 8	26Km (Bogota office)
(2) Girardot ~ La Linea	
a. Girardot ~ Espina 1 District No 17	18Km (Ibague Office)
b. Espina 1 ~ Ibague District No 17	113Km (Ibague office)
(3) La Linea ~ Calarca ~ Sevilla	
District No 23	76Km (Calarca office)
(4) Sevilla ~ Uribe ~ Buga District No 18	74Km (Palmira office)
合 計	307Km

District office No 17 (Ibague) は、D-5のブルドーザ2台、District office No 23 (Calarca) は、ホイールドーザ1台持っている。これらは、常時発生のおそれのある地すべり、土砂崩壊から生じる土砂の排土に備えている。

#### 6-3-4 土質、材料

##### (1) 土 質

道路舗装の設計のためにAASHTO基準にもとづいて、次の土質試験をLa Linea - Buga間の代表的な8サンプルに対して行なった。

1) アッターベルグ限界 (AASHTO T-90)

2) CBR試験 (AASHTO T-193)

テストの結果は、Table 6-4に示される。これらの8つの土質は、盛土、路床材料として良好である。Melgar - La Linea間の土質は、現地の母岩の風化岩で構成されるので、Table 6-5に示す母岩の質にもとづいて、そのCBR値が推定される。火山灰のCBRは少し低いですがすべての土は盛土、路床材料として適当である。

##### (2) 材 料

プロジェクト地域には、採石場が多いので、道路建設用の骨材を得るのは易しい。採石場の一覧表はTable 6-6に示される。

Ibague - Calarca間の次の岩石試験結果はMOP Tによって実施されTable 6-7に示されている。

1) ロスアンゼルスすりへりテスト (AASHTO T-96)

2) 吸水試験 (ASTM D-1228)

岩石試験結果によると既存の採石場の岩石は必ずしも良くないが、Ibague - Calarca間には、良質の採石場に事欠くことはない。

#### 6-3-5 現道の再舗装設計のための調査

現道は交通量の伸びに応じて、アスファルトコンクリートで再舗装が必要になる。対象道路の延長307Kmのうち200Kmは1979年-1982年にリハビリテーションが完了する予定である。残りの107Kmのリハビリテーションの計画はない。この調査において再舗装の

設計のためのデータは200Kmの区間についてはMOP Tの既存資料にもとづくこととした。  
107Kmの区間については、MOP Tの土質試験室によって行なわれたベンケルマンビームの結果に基づいている。舗装の現況はTable 6-8に示されている。ベンケルマンビームの試験結果はAnnex 6-1に示される。

Soil Test Results

Table 6-4

No.	Sampling Spot	Liquid Limit (%)	Plastic Limit (%)	Plastic Index	Unit Weight (g/cm <sup>3</sup> )	Natural Water Content (%)	AASHTO Classification	Modified CBR (%)
1	Espinal - Uribe Road Km 112+040	64	48	16	1.52	54.5	SM	2.7 - 5.5
2	Espinal - Uribe Road Km 116+000	NL	NP	-	1.47	50.2	SM	32.0 - 54.0
3	Espinal - Uribe Road Km 122+000	NL	NP	-	1.44	25.2	SM	35 - 40
4	Espinal - Uribe Road Km 132+230	50	31	19	1.70	41.6	CL-CH	2.5 - 3.1
5	Espinal - Uribe Road Km 113+450	45	32	13	1.72	32.0	CL	2.5 - 3.1
6	Cartago - Cali Road Km 73+200	NL	NP	-	1.62	14.4	SM	25
7	Cartago - Cali Road Km 84+000	43	18	25	1.79	21.4	CL	4.5 - 9.7
8	Cartago - Cali Road Km 97+000	41	23	18	1.74	16.1	SC	9

Note: NL - Non Liquid, NP - Non Plastic  
Km indicated is that from in situ Km post



Table 6-5 ESTIMATED CBR OF SUBGRADE

Section and Improvement Plan	Type of Rock or Deposit	CBR
1. Melgar - Chicoral 1-1. Large Scale Improvement Girardot Bypass	Quarternary Deposit	3-5
2. Ibague - Calarca 2-1. Critical Curve Improvement 2-2. Minimum Scale Improvemnt 2-3. Medium Scale Improvement Ibague - Km 70 Km 70 - Km 101 2-4. Large Scale Improvement Coello Bypass La Linea - Bypass Ibague bypass	1) 2) Granodiorite Cristalline Schist Granodiorite Volcanic ash and others Terrace deposit	More than 20 5 - 10 More than 20 5 - 10 5 - 10
3. Uribe - Buga	Terrace deposit	5 - 10

Note: 1) The same pavement thickness as the existing shoulder pavement.  
2) The same pavement thickness as the existing carriageway pavement.

TABLE 6-6 QUARRY SITES OF THE PROJECT AREA Page (1)

Quarry Site	Road	Location	Characteristics	Possible Use	Estimated Volume
Tolemaida	Melgar-Girardot	Km 100+000	Stone, gravel sand	Base Pavement	>50.000 m3
103 + 700	" "	Km 103+700	Gravel, sand	" "	Approx. 15000m3
El Paso (Rio Sumapaz)	" "	Km 114 + 500	Stone, gravel	" "	> 20000 m3
Isla del Sol (Rio Magdalena)	" "	Km 122 + 000	River-gravel, sand	" "	> 50000 m3
Rio Coello, Puente de Chicoral	Espinal-Ibague	Km 16 + 000	Stone, gravel sand	" "	>50000 m3
Rio Coello, Gualanday	" "	Km 22 + 850	Stone, gravel sand	" "	> 50000 m3
Hacienda El Paraiso	" "	Km 11.7 from Buenos Aires	Gravel, sand	" "	> 50000 m3
Sia de San Serrario(Rio Combeina)	" "	Km 55 + 000	Gravel, sand	" "	> 50000 m3
Boqueron	" "	Km 62. + 200	Granular	Base	Approx. 150000m3
Quebrada Cural	" "	Km 63	Igneous Rock	Base	100000 m3
Rio Coello	" "	Km 64 + 700	Gravel,sand of river	Base Pavement	
Rio Amaime	" "	Km 90 + 000	Gravel,sand	Sub-base,base pavement	100000 m3
Quebrada Cristales	Ibague-La Linea	Km 104 + 400	Sand,gravel	Base,Pavement	50000 m3
105 + 200	" "	Km 105 + 200	Igneous rock	" "	50000 m3
La Linea	" "	Km 114 + 300	" "	" "	50000 m3
La Congoja	La Linea-Calarca	Km 122 + 300	" "	" "	80000 m3 MOPT
Santo Domingo	" "	Km 134 1Km from Calarca	Gravel	" "	1000000 m3 MOPT
Rio Verde	Calarca-Sevilla	Km 155 + 400	Fine gravel	" "	200000 m3
La Niza	" "	9 Km from Km 155+400	River gravel, sand	Sub-base,base, Pavement	120000 m3
La Quebrada	" "	14 Km from Km 155+400	"	Sub-base	200000 m3 MOPT
Barragan(Rio Barragan)	" "	1 Km from Km 157+500	"	Sub-base,base Pavement	500000 m3 MOPT
Quebrada "La Aatelia"	Sevilla-Urbe	Km 200+000	"	" "	10000 m3
Quebrada "La Paila"	" "	Km 204+000	"	" "	3000 m3
Rio Bugalagrande	Cartago-Cali	Km73+400	"	" "	20000 m3
Quebrada Sabaletas	" "	Km81+700	"	" "	3000 m3

Note: Location indicated is that from in situ Km post

TABLE 6-6 QUARRY SITES OF THE PROJECT AREA Page (2)

<u>Quarry Site</u>	<u>Road</u>	<u>Location</u>	<u>Characteristics</u>	<u>Possible Use</u>	<u>Estimated Volume</u>
Rio Morales	Cartago-Cali	Km87+100	River gravel, sand	Sub-base,base Pavement	3000 m3
Rio Tuluá	" "	Km90+200	"	" "	20000 m3
Rio Guadalajara	" "	Km114	"	" "	10000 m3

Note: Location indicated is that from in situ Km post

Table 6-7 Rock Test Results

Quarry Site	Rock	Los Angeles Abrasion (%)	Absorption (%)	Estimated Volume (m <sup>3</sup> )	Suitability for	
					Surface Course	Concrete Aggregate
Km 63 (Q.Cural)	Granodiolite	56	1.6	more than 100,000	poor	poor
Km 105+200	Porphyrite	16	2.0	" " 50,000	good	good
Km 114+300 (La Linea)	Diabase	17	1.7	" " 50,000	good	good
Km 122+300 (La Congoja)	Hornblend Porphyrite	38	6.7	80,000	poor	poor
Km 134	Diabase	20	1.5	1,000,000	good	good

Source: Proyecto ferrocarril Ibague - Armenia  
 Reconocimiento, Geologico y Geotecnico (1976)      Note: Km, insitu Km post.

Item	General Rating as Aggregate	
	Surface Course	Concrete Aggregate
Absorption (%)	good	good
Los Angeles Abrasion (%)	< 3	< 3
	≥ 3	≥ 3
	< 40	< 40
	≥ 40	≥ 40

Notes: 1) The rating as "good" should meet the two conditions listed in each column.

Table 6-8 Present Pavement Situation along the Existing Road

Section	Distance ( km )	Rehabilitation completed	Resurfacing Design data
1. Melgar-Girardot	26	1979	Existing data by MOPT
2. Girardot-Espinal	18	1980	"
3. Espinal-Ibague	55	1982	"
4. Ibague-Calarca	79	1981	"
5. Calarca-Uribe	85	Routine Maintenance	Benkelman Beam Test by Study Team
6. Uribe-Buga	44		
6-1 Uribe-Andalucia	(12)	1981	Existing data by MOPT
6-2 Andalucia- Sanpedro	(22)	Routine Maintenance	Benkelman Beam Test by Study Team
6-3 Sanpedro- Buga	(10)	1981	Existing data by MOPT
Total	307		

Note: 1) Benkelman Beam Test result is shown in Annex Fig. 6-1

2) Source - Comentarios y Conclusiones Sobre el Documento Jun/dt 117/Rev 1 - Julio/80 de la Junta del Acuerdo de Cartagena Documento MOPT-OP-October 23 de 1980.